

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava

Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství

Katedra kontroly a řízení jakosti

Analýza využívání statistických nástrojů v hutním podniku

Analysis of the Statistical Tools Use in the Metallurgical Enterprise

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Zadání bakalářské práce

Student:

Pavel Macejík

Studijní program:

B3922 Ekonomika a řízení průmyslových systémů

Studijní obor:

3902R041 Management jakosti

Téma:

Analýza využívání statistických nástrojů v hutním podniku
Analysis of the Statistical Tools Use in the Metallurgical Enterprise

Zásady pro vypracování:

1. Teoretická východiska řešené problematiky.
2. Analýza stávajících postupů využívání statistických metod.
3. Analýza využívání statistických metod v oblasti analýzy neshod.
4. Doporučení, návrhy možných zlepšení.

Seznam doporučené odborné literatury:

1. NENADÁL, Jaroslav, et al. Moderní management jakosti. Praha: Management Press, 2008. 377 s. ISBN 978-80-7261-186-7.
2. TOŠENOVSKÝ, J. - NOSKIEVIČOVÁ, D.: Statistické metody pro zlepšování jakosti. Ostrava: Montanex, 2000. 362 s. ISBN: 80-7225-040-X.
3. PLURA, J.: Plánování a neustálé zlepšování jakosti. Praha: Computer Press, 2001. 244 s. ISBN 80-7226-543-1.
4. MELOUN, M. - MILITKÝ, J.: Kompendium statistického zpracování dat. Praha: Academia, 2002. 764 s. ISBN: 80-200-1008-4.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Ing. Petra Halfarová**

Konzultant bakalářské práce: Ing. Robert Zvoníček

Datum zadání: 30.11.2009

Datum odevzdání: 30.04.2010



prof. Ing. Jiří Plura, CSc.
vedoucí katedry

prof. Ing. Ludovít Dobrovský, CSc., Dr.h.c.
děkan fakulty

Zásady pro vypracování bakalářské práce

I.

Bakalářskou prací (dále jen BP) se ověřují vědomosti a dovednosti, které student získal během studia, a jeho schopnosti využívat je při řešení teoretických i praktických problémů.

II.

Uspořádání bakalářské práce:

- | | |
|--|------------------------------|
| 1. Titulní list + zásady pro vypracování BP | 5. Textová část BP |
| 2. Prohlášení + místopřísežné prohlášení | 6. Seznam použité literatury |
| 3. Abstrakt + klíčová slova česky a anglicky | 7. Přílohy |
| 4. Obsah BP | |

ad 1) Titulním listem je originál zadání BP, který student obdrží na své oborové katedře. Za titulním listem následují tyto „Zásady pro vypracování bakalářské práce“.

ad 2) Prohlášení + místopřísežné prohlášení napsané na zvláštním listě (student jej obdrží na své oborové katedře) a vlastnoručně podepsané studentem s uvedením data odevzdání BP. *V případě, že BP vychází ze spolupráce s jinými právníckými a fyzickými osobami a obsahuje citlivé údaje, je na zvláštním listě vloženo prohlášení spolupracující právnícké nebo fyzické osoby o souhlasu se zveřejněním BP.*

ad 3) Abstrakt a klíčová slova jsou uvedena na zvláštním listě česky a anglicky v rozsahu max. 1 strany pro obě jazykové verze.

ad 4) Obsah BP se uvádí na zvláštním listě. Zahrnuje názvy všech očíslovaných kapitol, podkapitol a statí textové části BP, odkaz na seznam příloh a seznam použité literatury, s uvedením příslušné stránky. Předpokládá se desetinné číslování.

ad 5)

Textová část BP obvykle zahrnuje:

- Úvod, obsahující charakteristiku řešeného problému a cíle jeho řešení v souladu se zadáním BP;
- Vlastní rozpracování BP (včetně obrázků, tabulek, výpočtů) s dílčími závěry, vhodně členěné do kapitol a podkapitol podle povahy problému;
- Závěr, obsahující celkové hodnocení výsledků BP z hlediska stanoveného zadání.

BP nemusí obsahovat experimentální (aplikační) část.

BP bude zpracována v rozsahu min. 25 stran (včetně obsahu a seznamu použité literatury).

Text musí být napsán vhodným textovým editorem počítače po jedné straně bílého nelesklého papíru formátu A4 při respektování následující **doporučené** úpravy - písmo Times New Roman (nebo podobné) 12b; řádkování 1,5; okraje – horní, dolní – 2,5 cm, levý – 3 cm, pravý 2 cm. Fotografie, schémata, obrázky, tabulky musí být očíslovány a musí na ně být v textu poukázáno. Budou zařazeny průběžně v textu, pouze je-li to nezbytně nutné, jako přílohy (viz ad 7).

Odborná terminologie práce musí odpovídat platným normám. Všechny výpočty musí být přehledně uspořádány tak, aby každý odborník byl schopen přezkoušet jejich správnost. U

vzorců, údajů a hodnot převzatých z odborné literatury nebo z praxe musí být uveden jejich pramen - u literatury citován číselným odkazem (v hranatých závorkách) na seznam použité literatury.

Nedostatky ve způsobu vyjadřování, nedostatky gramatické, neopravené chyby v textu mohou snížit klasifikaci práce.

ad 6) BP bude obsahovat alespoň 10 literárních odkazů, z toho nejméně 3 v některém ze světových jazyků.

Seznam použité literatury se píše na zvláštním listě. **Citaci literatury je nutno uvádět důsledně v souladu s ČSN ISO 690.** Na práce uvedené v seznamu použité literatury musí být uveden odkaz v textu BP.

ad 7) Přílohy budou obsahovat jen ty části (speciální výpočty, zdrojové texty programů aj.), které nelze vhodně včlenit do vlastní textové části, např. z důvodu ztráty srozumitelnosti.

III.

Bakalářskou práci student odevzdá ve dvou knihařsky svázaných vyhotoveních, pokud katedra garantující studijní obor neurčí jiný počet. Vnější desky budou označeny takto:

nahore: *Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava*
Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství
Katedra

uprostřed: *BAKALÁŘSKÁ PRÁCE*

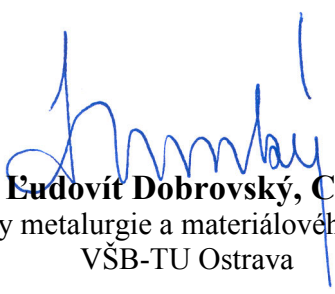
dole: *Rok* *Jméno a příjmení*

Kromě těchto dvou knihařsky svázaných výtisků odevzdá student kompletní práci také v elektronické formě do IS EDISON včetně abstraktu a klíčových slov v češtině a angličtině.

IV.

Bakalářská práce, která neodpovídá těmto zásadám, nemůže být přijata k obhajobě. Tyto zásady jsou závazné pro studenty všech studijních programů a forem bakalářského studia fakulty metalurgie a materiálového inženýrství Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava od akademického roku 2009/2010.

Ostrava 30. 11. 2009

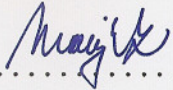

Prof. Ing. Eudovít Dobrovský, CSc., Dr.h.c.
děkan fakulty metalurgie a materiálového inženýrství
VŠB-TU Ostrava

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního (§60 - školní dílo);
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude archivována v elektronické formě v databázi Ústřední knihovny VŠB - TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (Zákon o vysokých školách) bez ohledu na výsledek její obhajoby.
- Мі́stopрі́се́жне про́глашу́ю, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval samostatně.

V Ostravě 29.7.2010


.....
podpis (jméno a příjmení studenta)

TOPOLOVA 407, TŽINEC
.....
adresa trvalého pobytu studenta

Poděkování

Děkuji své vedoucí bakalářské práce, Mgr. Ing. Petře Halfarové, a svému konzultantovi, Ing. Robertu Zvoníčkoví, za cenné rady a odborné vedení při zpracování této bakalářské práce.

Abstrakt

Tématem předkládané bakalářské práce je "Analýza využívání statistických nástrojů v hutním podniku". Cílem této práce je zmapovat stávající postupy využívání jednoduchých statistických nástrojů, nástrojů managementu jakosti a práce s daty se zaměřením na oblast analýzy neshod na jednom z provozů hutního podniku. V teoretické části práce jsou popsány jednotlivé metody a nástroje a nastíněna stručná charakteristika podniku a provozu, na kterém byla práce realizována, včetně popisu zavedeného systému řízení jakosti a EMS. Praktická část popisuje systém řízení statistických metod a zaměřuje se na analýzu stávajících postupů využívání statistických nástrojů a míru využívání statistických nástrojů v oblasti analýzy neshod. Poslední kapitola se zabývá doporučeními a návrhy na zlepšení stávající úrovně.

Klíčová slova: statistické metody, nástroje managementu jakosti, hutní podnik, Paretův diagram, histogram, Ishikawův diagram, způsobilost procesu, analýza neshod

Abstract

The theme of this bachelor's work is "Analysis of the Statistical Tools Use in the Metallurgical Enterprise". The aim of this work is to map existing procedures using simple statistical tools, quality management tools and work with data focusing on disagreements analysis in one of the running of metallurgical enterprise. In the theoretical part of work, there are various methods and instruments described. Brief characteristics of metallurgical company and its operation are outlined, where this work was realized including description of the implemented quality management system and environmental management system. The practical part describes the statistical methods system management and focuses on the analysis of existing processes using statistical tools and statistical methods use degree for analysis of disagreements. The last chapter deals with recommendations and suggestions for the present level improving.

Key words: statistical methods, quality management tools, metallurgical enterprise, Pareto chart, histogram, Ishikawa chart, process capability, disagreements analysis

OBSAH

Seznam zkratk	4
Úvod	5
1 Teoretická východiska řešení problematiky	6
1.1 Základní statistické nástroje.....	7
1.1.1 Číselné charakteristiky	7
1.1.2 Teorie odhadu	8
1.1.3 Statistické testování	9
1.1.4 Analýza závislostí - regresní a korelační analýza.....	10
1.2 Sedm základních nástrojů managementu jakosti	12
1.2.1 Vývojový (postupový) diagram.....	12
1.2.2 Diagram příčin a následku	13
1.2.3 Formulář pro sběr údajů	14
1.2.4 Paretův diagram.....	15
1.2.5 Histogram	18
1.2.6 Bodový diagram	19
1.2.7 Regulační diagram.....	21
1.3 Hodnocení způsobilosti procesu	23
2 Představení Třineckých železáren, a.s.	26
2.1 Historie TŽ, a.s.	26
2.2 Charakteristika provozu Válcovny drátu a jemných profilů.....	27
2.3 Systému řízení jakosti v podniku TŽ, a.s.....	29
3 Analýza stávajících postupů využívání statistických metod a nástrojů managementu jakosti	30
3.1 Systém řízení statistických metod v TŽ, a.s.	30
3.1.1 Odpovědnosti a pravomoci	30
3.1.2 Zdroje potřeb pro aplikování statistických metod	30
3.1.3 Statistické metody aplikované v TŽ, a.s. a MS, a.s.	31

3.2	Statistické metody využívané na provozu VJ	32
3.2.1	Paretova analýza	32
3.2.2	Metodika hodnocení způsobilosti procesu na VJ	36
3.2.3	Postupové diagramy	39
3.2.4	Histogramy	39
4	Analýza využívání statistických metod v oblasti analýzy neshod	41
4.1	Řízení neshodného výrobku.....	41
4.2	Evidence a vyhodnocování neshod na VJ.....	41
4.2.1	Interní neshody	41
4.2.2	Externí neshody	43
4.3	Opatření k nápravě.....	43
4.3.1	Řešení opakovaných vad	44
4.4	Statistické nástroje využívané v oblasti analýzy neshod	46
5	Doporučení a návrhy na zlepšení	49
	Závěr	53
	Seznamy	54
	Seznam použité literatury	54
	Seznam obrázků a tabulek	56
	Seznam příloh	58
	Příloha 1 Postupový diagram procesu "Výroba drátu a jemných profilů - válcování na KJT"	
	Příloha 2 Mapa procesů TŽ-MS	
	Příloha 3 Postupový diagram "Opatření k nápravě a prevenci"	
	Příloha 4 Schéma Kontijemné tratě VJ	

Seznam zkratek

TŽ, a.s.	- Třinecké železářny, a.s.
MS, a.s.	- Moravia Steel, a.s.
TŽ-MS	- Třinecké železářny, a.s. - Moravia Steel, a.s.
VJ	- Válcovna drátu a jemných profilů
VJej	- Kontijemná trať VJ
TJ	- Útvar zabezpečování jakosti
KJT	- Kontijemná trať TŽ, a.s.
KDT	- Kontidrátová trať TŽ, a.s.
QMS	- Systém řízení jakosti
EMS	- Environmentální systém řízení
QMS-EMS	- Integrovaný systém řízení QMS a EMS
TOP	- Technicko-organizační pokyn
PPo	- Pracovní postup
OÚ	- Odborný útvar
SM	- Statistické metody
LN	- LOTUS NOTES
OKN	- Opatření k nápravě

Úvod

S rostoucí složitostí výrobků a procesů, s rostoucí náročností požadavků zákazníků, úrovní znalostí, možností komunikace, silícím konkurenčním prostředím a řadou dalších faktorů se zabezpečování náročných úkolů managementu jakosti dnes již prakticky neobejde bez využívání vhodných postupů, metod a nástrojů využitelných v oblasti jakosti a jejího neustálého zlepšování.

Se zaváděním informačních systémů spravujících stále větší množství provozních, technologických nebo environmentálních dat narůstá v hutních podnicích potřeba z těchto dat vytěžit co nejvíce vědomostí použitelných pro pochopení stavu věcí a učinění těch správných rozhodnutí. Aby bylo vedení organizací schopno správně a odpovědně rozhodnout, musí se naučit bezchybně a efektivně pracovat s nahromaděnými daty. Obzvláště v tomto období, kdy světová ekonomika prochází světovou recesí, je potřeba uvědomit si, že v naměřených datech leží nemalé úsilí a čas, čili peníze vynaložené při jejich získávání, ale také, jsou-li data skutečně objektivní a ne vymyšlená, množství důležitých a užitečných informací, které vedou k hlubšímu pochopení problémů, značné pomoci při rozhodování a v konečném důsledku k časovým a především finančním úsporám.

Hlavním cílem této bakalářské práce je provést analýzu využívání jednoduchých statistických nástrojů, nástrojů managementu jakosti a práce s daty na provozu Válcovny drátu a jemných profilů akciové společnosti Třineckých železáren a na základě zjištěných skutečností doporučit možná zlepšení stávajících postupů v oblasti aplikace statistických metod. Úkolem je rovněž zjistit rozsah aplikace statistických metod v oblasti analýzy neshod a popsat metodiky používané za účelem snížení počtu neshod a zjištění a odstranění rozhodujících příčin vzniku neshodné produkce.

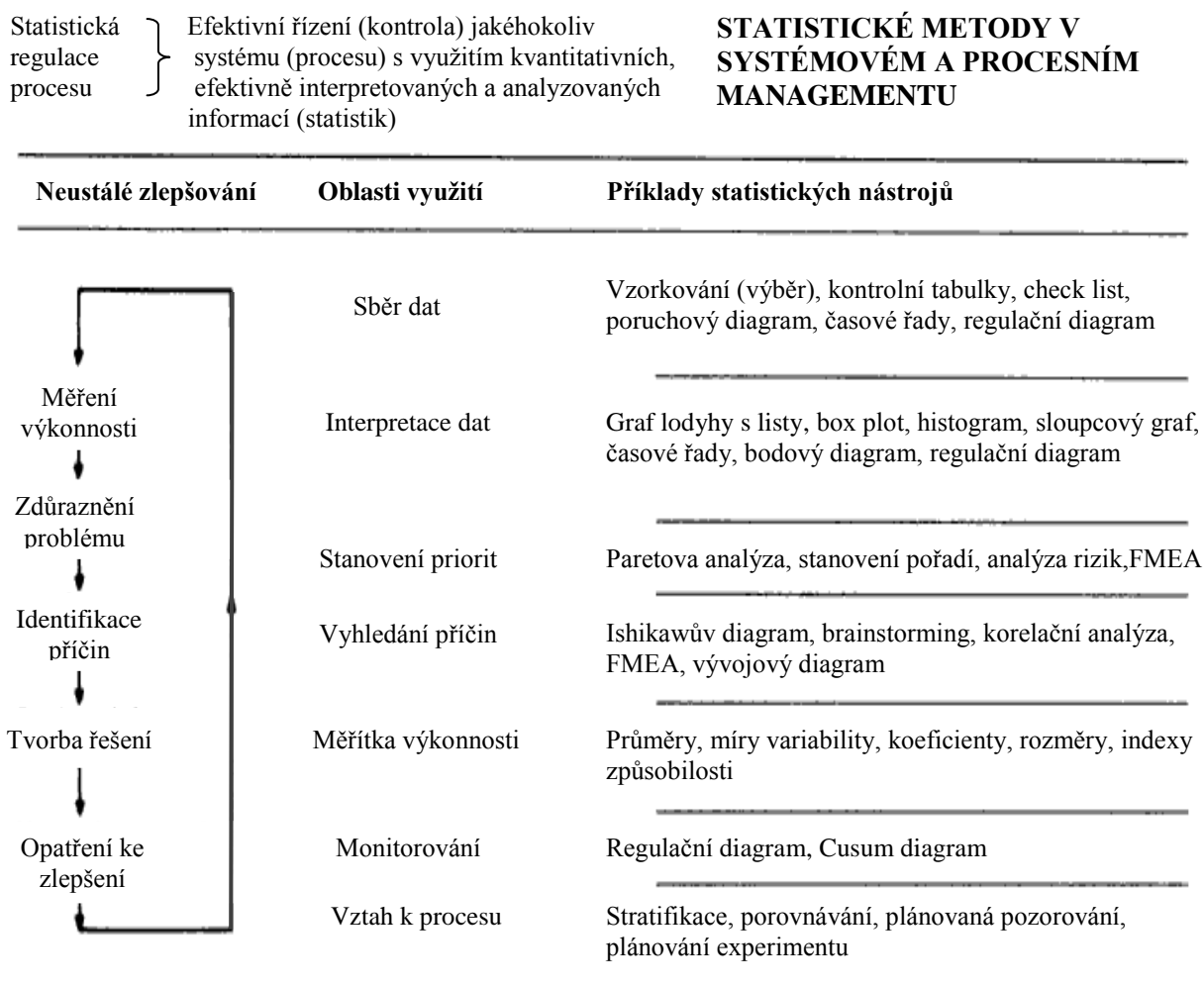
K dosažení cíle této práce je nutné:

- porovnat míru využívaných technik popsaných v dokumentaci zabývající se řízením statistických metod se skutečným stavem na provozu VJ,
- analyzovat stávající postupy využívání statistických metod a nástrojů managementu jakosti na provozu VJ,
- ověřit míru využívání statistických metod v analýze neshod,
- na základě zjištěných výsledků zformulovat možná doporučení a návrhy na zlepšení v oblasti statistických metod.

1 Teoretická východiska řešení problematiky

Udržet trvale vysokou úroveň jakosti vyžaduje soustavnou analýzu a zlepšování procesů. Aplikování jednoduchých statistických nástrojů a nástrojů managementu jakosti by mělo napomoci odhalit v procesech abnormality a příčiny jejich vzniku, procesy stabilizovat a zvyšovat úroveň jejich jakosti. Jde o neocenitelné techniky při odhalování rizik, identifikaci problémů, pochopení a zlepšování funkčnosti celého systému a poskytování objektivních informací pro správná a racionální rozhodnutí v případě nejistoty [1].

Efektivní využívání statistických metod bez ohledu na povahu procesu, produktu nebo velikost či typ organizace v systému řízení je znázorněno na obr. 1. Tento obrázek znázorňuje možnosti aplikace vhodných statistických nástrojů v jednotlivých fázích procesu neustálého zlepšování [14].



Obr. 1 Statistické metody využívané v systémovém a procesním managementu [14]

V této kapitole se dále zabývám stručným popisem základních statistických nástrojů, charakteristikou sedmi základních nástrojů managementu jakosti a hodnocením způsobilosti procesu.

1.1 Základní statistické nástroje

Kapitola pojednává o základních číselných charakteristikách, teorii odhadu, základech statistického testování a regresní a korelační analýze.

1.1.1 Číselné charakteristiky

Číselné charakteristiky jsou numerickým vyjádřením nejzákladnějších vlastností frekvenční funkce. Podle toho, které vlastnosti frekvenční funkce popisují, je lze rozdělit na [13]:

- charakteristiky polohy,
- charakteristiky variability,
- charakteristiky šikmosti (asymetrie),
- charakteristiky špičatosti.

Lze je také rozlišit podle způsobu konstrukce na charakteristiky momentové, kvantilové a ostatní.

Charakteristiky polohy se snaží charakterizovat typickou hodnotu dat - určují, kde na číselné ose je vzorek rozložen. Základní momentovou charakteristikou polohy je *aritmetický průměr* \bar{x} , který je zároveň maximálně věrohodným odhadem střední hodnoty normálního rozdělení. Z n prvků výběru x_1, x_2, \dots, x_n se vypočte aritmetický průměr \bar{x} dle vzorce [4]:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

Velikost proměnlivosti dat zachycujeme vhodně vybranou charakteristikou variability dat. Momentové charakteristiky variability slouží jako odhad variability základního souboru. *Rozptyl* s^2 je definován jako "průměrná kvadratická odchylka měření od aritmetického průměru, přičemž při průměrování této odchylky dělíme číslem $(n-1)$ " [12]:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2}{n-1} \quad (2)$$

Z praktického hlediska je určitou nevýhodou, že je *rozptyl* vyjádřen ve čtvercích užitých jednotky. Proto se obvykle volí druhá odmocnina z *rozptylu*, označovaná jako *směrodatná odchylka* s , která bývá uvedena ve stejných jednotkách jako zkoumaný výběr. Vypočte se dle vztahu [4]:

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3)$$

Momentové charakteristiky asymetrie poskytují informace o tvaru rozdělení. Užívá se *šikmost (asymetrie)* as , čili třetí normovaný centrální moment, a *špičatost (excess)* ex - čtvrtý normovaný centrální moment [4].

Šikmost as , která měří zešikmenost dat, se vypočítá dle vztahu [13]:

$$as = \frac{\frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^3 f_i}{s^3} \quad (4)$$

Koeficient špičatosti ex měří odchylku špičatosti zkoumaného rozdělení od normálního rozdělení a vypočítá se podle vzorce [13]:

$$ex = \frac{\frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^4 f_i}{s^4} \quad (5)$$

1.1.2 Teorie odhadu

Protože je základní soubor většinou nedostupný, neznáme ani číselné charakteristiky základního souboru, resp. parametry distribuční a frekvenční funkce. Odhadujeme je proto pomocí výběrového souboru a to buď jedním číslem, kdy hovoříme o *bodovém odhadu*, nebo intervalem - pak jde o *intervalový odhad* [13].

Bodový odhad

Definice: "Bodový odhad parametru β je funkce $\varphi (X_1, X_2, \dots, X_n)$ náhodných veličin X_1, \dots, X_n " [13]. Tedy odhad $\varphi (X_1, X_2, \dots, X_n)$ je náhodná veličina. Je-li β parametr základního souboru, pak $\hat{\beta}$ znamená jeho odhad. Na každý bodový odhad klademe tyto přirozené požadavky [13]:

- a) nestrannost,
- b) konzistence,
- c) eficeience.

Intervalový odhad

Často se místo bodového odhadu využívá odhad intervalový - sestrojujeme tzv. interval spolehlivosti.

Definice: "Dvojici $\varphi_1 (X_1, \dots, X_2) = \beta_1, \varphi_2 (X_1, \dots, X_n) = \beta_2$ nazveme intervalovým odhadem parametru β o spolehlivosti $1 - p$, jestliže $P [\varphi_1 (X_1, \dots, X_n) < \beta < \varphi_2 (X_1, \dots, X_2)] = 1 - p$, tj. $P (\beta_1 \leq \beta \leq \beta_2) = 1 - p$ " [13].

kde: p hladina významnosti: volí se nejčastěji 0,5, 0,1, 0,05, 0,01

$1 - p$...stupeň spolehlivosti

1.1.3 Statistické testování

Testování statistických hypotéz umožňuje posoudit, zda experimentálně získaná data vyhovují předpokladu, který jsme před provedením testování učinili.

Obecný postup testování [13]:

- a) formulace nulové hypotézy H_0 a alternativní hypotézy H_1 ,
- b) výpočet testovacího kritéria T ,
- c) nalezení kritické hodnoty K pro hladinu významnosti p ,
- d) porovnání K a T , ponechání nebo zamítnutí H_0 .

Předpoklad, který vyslovíme a chceme ověřit, nazýváme nulová hypotéza a značíme H_0 . Ověřování platnosti H_0 se nazývá testování nulové hypotézy.

Pro případ, že H_0 neplatí, je potřeba ještě uvést, s jakou jinou alternativou než H_0 počítáme. Tato možnost se nazývá alternativní hypotéza a značí se H_1 . Obecně H_1 nemusí být negací H_0 .

Princip testování

Sestrojí se tzv. testovací kritérium T , které je z hlediska teorie pravděpodobnosti náhodná veličina. T se sestrojí tak, aby měla některé z tabelovaných rozdělení a to právě tehdy, když platí H_0 . Vypočítané T chápeme jako realizaci této náhodné veličiny. T se porovná s kritickou hodnotou K [13]:

Je-li $T > K$, H_0 se zamítá.

Je-li $T < K$, H_0 se nezamítá.

Při testování se můžeme dopustit těchto chyb [13]:

- a) zamítáme hypotézu, která platí, tzv. *chyba prvního druhu*,
- b) přijmeme hypotézu, která neplatí, tzv. *chyba druhého druhu*.

1.1.4 Analýza závislostí - regresní a korelační analýza

Cílem regresní a korelační analýzy je popis statistických vlastností vztahu dvou nebo více proměnných.

Statistická analýza má v těchto souvislostech následující cíle [12]:

- a) poskytnout číselné míry vztahu dvou proměnných podobným způsobem, jako průměr a směrodatná odchylka popisují chování jedné proměnné,
- b) najít vzorce pro optimální predikci proměnné, kterou považujeme za závisle proměnnou,
- c) ohodnotit chybu predikce,
- d) ověřovat různé hypotézy o zkoumaném vztahu.

Korelační analýza

Korelace označuje míru stupně asociace dvou proměnných. Dvě proměnné jsou korelované (asociované), jestliže určité hodnoty jedné proměnné mají tendenci vyskytovat se společně s určitými hodnotami druhé proměnné. Míra této tendence může sahát od neexistence korelace (všechny hodnoty proměnné Y se vyskytují stejně pravděpodobně s každou hodnotou proměnné X) až po absolutní korelaci (s danou hodnotou proměnné X se vyskytuje právě jedna hodnota proměnné Y). Pro měření korelace byla navržena řada koeficientů lišících se podle typů proměnných, pro které se využívají [12].

V případě lineární regrese, kdy $y = \beta_1 + \beta_2 x$, je vhodnou charakteristikou *párový koeficient korelace* r [13]:

$$r_{xy} = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2] \cdot [n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (6)$$

Není-li regresní funkce přímka, použijeme jako míru závislosti y na x *index korelace* I , který se počítá podle vztahu [13]:

$$I_{Y,X} = \sqrt{\frac{s_{\hat{Y}}^2}{s_Y^2}} \quad (7)$$

Jsou-li hodnoty x , y dány pouze pořadím, počítáme míru jejich vzájemné závislosti pomocí *Spearmanova koeficientu korelace* r_s [13]:

$$r_s = 1 - \frac{6 \cdot \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (8)$$

d_i ... difference pořadí znaků x a y

Regresní analýza

Regresní analýza řeší popis tvaru vztahu mezi proměnnými X a Y a jeho vhodnost pro predikci hodnot závisle proměnné pomocí hodnot nezávisle proměnné. Vztah mezi závislou a nezávislou proměnnou reprezentujeme pomocí matematického modelu, což je rovnice, jež svazuje závisle proměnnou s nezávisle proměnnou a pravděpodobnostní předpoklady, které by měl vztah splňovat. Závisle proměnná je spojena s nezávisle proměnnými tzv. *regresní funkcí*, jež obsahuje několik neznámých parametrů. Jestliže je tato funkce v parametrech lineární (nemusí být lineární v proměnných), mluvíme o *lineárním regresním modelu*. V opačném případě nazýváme model jako *nelineární*.

V regresní analýze je cílem [12]:

- a) získání statistických odhadů neznámých parametrů regresní funkce,
- b) testování hypotéz o těchto parametrech,
- c) ověřování předpokladů regresního modelu.

1.2 Sedm základních nástrojů managementu jakosti

Sedm základních nástrojů managementu jakosti představuje skupinu jednoduchých metod a nástrojů managementu jakosti, které byly rozvinuty v průběhu šedesátých let v Japonsku zejména K. Ishikawou a W. E. Demingem. Tato skupina nástrojů se používá zejména při řešení problémů operativního řízení kvality a při zlepšování kvality. Společným rysem těchto nástrojů je požadavek na trvalou týmovou práci. Patří zde vývojový diagram, diagram příčin a následku, formulář pro sběr údajů, Paretův diagram, histogram, bodový diagram a regulační diagram [3].

Uvedená skupina nástrojů se řadí k jednoduchým a lehce aplikovatelným statistickým metodám, přičemž jejich účinnost a efektivnost je velmi vysoká a lze pomocí nich identifikovat a analyzovat většinu problémů s jakostí.

V následujících kapitolách 1.2.1 až 1.2.7 nalezneme jejich stručný popis, postup sestavení a praktické využití.

1.2.1 Vývojový (postupový) diagram

Vývojový diagram slouží k názornému grafickému zobrazení posloupnosti a vzájemné návaznosti všech kroků určitého procesu, přičemž se může jednat jak o proces existující, tak o teprve navrhovaný proces [3]. Je to "konečný orientovaný graf s jedním začátkem a jedním koncem" [2]. Struktura a sekvence aktivit tvořících popisovaný proces je v grafu vyjádřena operačními bloky, zobrazujícími činnosti, a rozhodovacími bloky. Při konstrukci vývojových diagramů se používá zavedená grafická symbolika.

Vývojový diagram je velmi užitečným nástrojem při [2]:

- vysvětlování procesu zákazníkům nebo uživatelům při prokazování kvality,
- objasňování vazeb mezi činnostmi procesu novým pracovníkům,
- odhalování nedostatků v procesu a navrhování zlepšení,
- srovnání skutečného a ideálního průběhu procesu.

Zpracování vývojového diagramu by mělo probíhat v týmu a při jeho tvorbě je nutné dodržovat určité zásady [2]:

- a) Vhodně volit otázky. Základní jsou dotazy typu: "Co se stalo nejdříve?", "Co má následovat?", "Odkud materiál pochází?", apod. Nedoporučuje se otázka typu "Proč?".

- b) Udržet popis procesu jednoduchý, stručný a přehledný a zobrazit orientaci v rámci procesu.
- c) Zajistit stejnou jazykovou formu popisu činností a využívat jednotné symboliky.
- d) Správně identifikovat rozhodování.
- e) Používat jeden blok začátku a jeden blok konce, snažit se o umístění jednoho vývojového diagramu na jednu stránku.

1.2.2 Diagram příčin a následku

Diagram příčin a následku (Ishikawův diagram) je "grafický nástroj, který logicky a v uspořádané formě zobrazuje příčiny daného následku. Umožňuje najít skutečné příčiny následku, ne pouze symptomy, a zvolit tak nejefektivnější řešení problému" [2]. Tento nástroj je základním jednoduchým nástrojem shromažďování informací o procesech, výsledcích a výkonnosti procesů za účelem jejich zdokonalování. Podle svého tvůrce je označován jako Ishikawův diagram (Kaoru Ishikawa, Japonsko) nebo také často jako diagram rybí kosti pro svou specifickou strukturu vyjadřující hierarchii příčin, která umožňuje analyzovat vzájemné vztahy mezi příčinami [2].

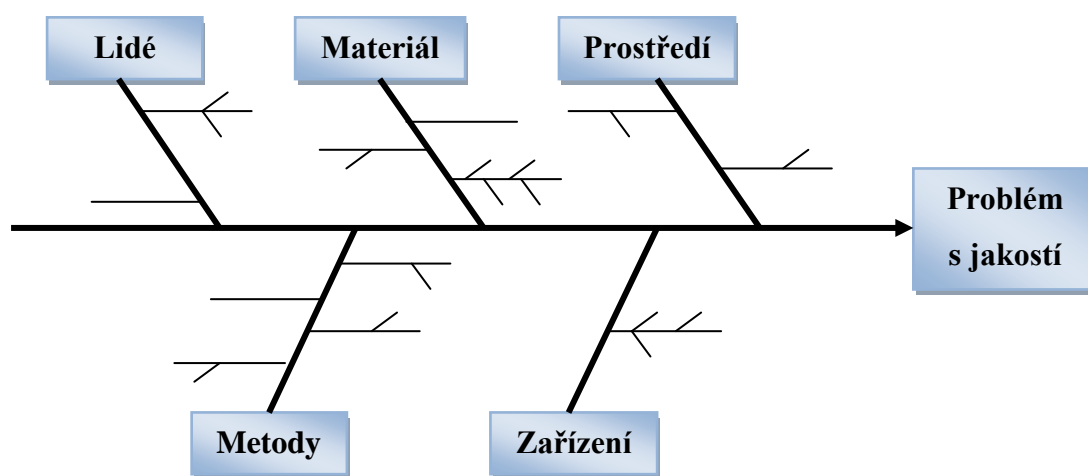
Jeho použití představuje systémový přístup k řešení problému, který pomáhá zdokumentovat všechny myšlenky a náměty. Diagram příčin a následku by se měl stát prvním krokem řešení všech problémů, jež mohou být vyvolány více příčinami [3].

Svou povahou je tento nástroj předurčen pro týmovou práci. Je snadno pochopitelný, a proto použitelný na všech úrovních řízení.

Postup sestrojení a vyhodnocení Ishikawova diagramu

Nezbytným předpokladem pro efektivní zpracování diagramu příčin a následku je týmová práce s využitím brainstormingu [3]. V rámci jeho přípravy je třeba provést výběr vhodné místnosti, doby konání a kolektivu osob, přichystat tabuli pro zápis nápadů, nakreslit základní kostru diagramu. V rámci realizace brainstormingu je potřeba svolat kolektiv, vyvěsit základní kostru diagramu na všemi viditelné místo, zvolit moderátora týmu, definovat problém nebo očekávaný přínos a hlavní skupiny příčin. V rámci vlastního brainstormingu moderátor postupně vyzývá každého člena týmu, aby zformuloval subpříčinu či elementární příčinu analyzovaného efektu. Toto se provádí v několika kolech tak dlouho, až členové týmu vyčerpají všechny své nápady, které se postupně zaznamenávají do diagramu [2]. Strukturu diagramu příčin a následku zachycuje obr. 2.

Pro vyhodnocení nejdůležitějších příčin analyzovaného efektu je výhodné použít Paretovu analýzu (bližší kap. 1.2.4). Výchozí údaje pro její zpracování lze získat hlasováním členů týmu, například tím způsobem, že každý dle svého názoru vybere tři nejdůležitější příčiny a přiřadí jim bodová hodnocení, např. 3, 2 a 1 bod. Pro řešení problému je užitečné, když každý člen týmu své hodnocení zdůvodní. Celkové bodové hodnocení jednotlivých příčin pak dle názoru členů týmu charakterizuje jejich důležitost ve vztahu k řešenému problému a představuje výchozí údaje pro provedení Paretovy analýzy [3].



Obr. 2 Struktura diagramu příčin a následku [3]

1.2.3 Formulář pro sběr údajů

Kontrolní tabulky jsou v podstatě seznamem kontrolovaných položek a slouží k prvotnímu shromažďování informací a následné kvantitativní analýze v procesu řízení a zlepšování kvality. Tento seznam je obvykle organizován ve standardně navrženém formátu, který zaručuje, že různí lidé budou sbírat požadované informace stejným způsobem [15]. Shromážděné údaje jsou základním východiskem pro hodnocení stávajícího stavu procesů a pro určení směrů dalšího zlepšování [3].

K základním typům formulářů pro sběr údajů patří kontrolní tabulka výskytu vad, kontrolní tabulka lokalizace vad a kontrolní tabulka rozdělení znaku jakosti či parametru procesu [3]. Tyto formuláře mívají často papírovou podobu, dnes se však již stále častěji můžeme setkat s elektronickou formou, která přináší celou řadu výhod.

Jelikož na správnosti sběru a záznamu prvotních dat o jakostních parametrech, vadách a příčinách odchylek od očekávané variability procesu závisí úspěšnost aplikace ostatních metod řízení a zlepšování jakosti, je nutné při tvorbě kontrolních záznamníků dodržovat základní principy a pravidla [2].

Každý formulář musí obsahovat informace o původu dat (datum a čas sběru, místo, jméno pracovníka provádějícího sběr a záznam, způsob zjišťování dat, apod.). Princip stratifikace spočívá v procesu třídění dat podle zvolených hledisek nebo jejich kombinací - třídění dat např. podle druhů vad, místa výskytu vad, podle pracovníků, směny, apod. Princip jednoduchosti a standardizace znamená takový způsob zápisu, aby jej zvládl bez chyb každý pracovník. Zjednodušení je charakterizováno použitím čárek nebo značek a symbolů místo čísel nebo textových charakteristik, cílem standardizace je pak předcházení možností vzniku chyb při záznamu, přepisování, interpretaci a ukládání dat. Při shromažďování dat je pak výhodné uspořádávat data tak, aby byl záznam ihned interpretovatelný či dále použitelný jako vstup pro zpracování pomocí dalších statistických a grafických nástrojů a aby nebylo nutné data přepisovat do dalších formulářů [2].

1.2.4 Paretův diagram

Paretův diagram je v oblasti řízení jakosti jedním z nejefektivnějších běžně dostupných a snadno aplikovatelných rozhodovacích nástrojů. Je to "sloupcový graf zobrazující Paretovo rozdělení, přičemž sloupce grafu jsou seřazeny od nejvyššího k nejnižšímu" [13].

Paretův diagram získal své pojmenování podle Vilfreda Pareta, italského ekonoma a sociologa 19. století, který popsal nepravidelné rozložení bohatství mezi obyvateli. Pareto zjistil, že vysoký podíl veškerého bohatství (80%) vlastní pouze malé procento obyvatel (20%). Tento tzv. Paretův princip americký odborník na jakost J. M. Juran transformoval do oblasti řízení jakosti a formuloval ho přibližně takto: "Většina problémů s kvalitou (asi 80 až 95%) je způsobena pouze malým podílem (asi 5 až 20%) činitelů, jež se na nich podílejí". Tento princip se rovněž označuje jako pravidlo 80/20 [3].

Tyto malé skupiny činitelů, které se rozhodující měrou podílejí na analyzovaném problému, se označují jako "*životně důležitá menšina*" a pro jejich zbylou část se vžilo označení "*užitečná většina*". Pomocí Paretova diagramu lze "*životně důležitou menšinu*" identifikovat, což umožňuje přednostně soustředit pozornost na ty činitele, které se nejvíce podílejí na analyzovaném problému [3].

Realizace Paretova diagramu nachází uplatnění v mnoha oblastech. Může sloužit jako nástroj analýzy reklamací, analýzy počtu neshodných výrobků a jejich druhů, nástroj pro zkoumání příčin výroby neshodných výrobků, příčin snížené výtěžnosti, atd. Paretův diagram je základním nástrojem Paretovy analýzy.

Paretova analýza je "technika využívající Paretova principu v rámci procesu řešení problému ke stanovení priorit" [13]. Realizuje se na základě konstrukce Paretova diagramu a následného uplatnění Paretova principu či dalších kritérií pro výběr životně důležité menšiny. Cílem Paretovy analýzy je tedy oddělit podstatné faktory od méně podstatných a ukázat, kam přednostně zaměřit úsilí při zlepšování procesů [13].

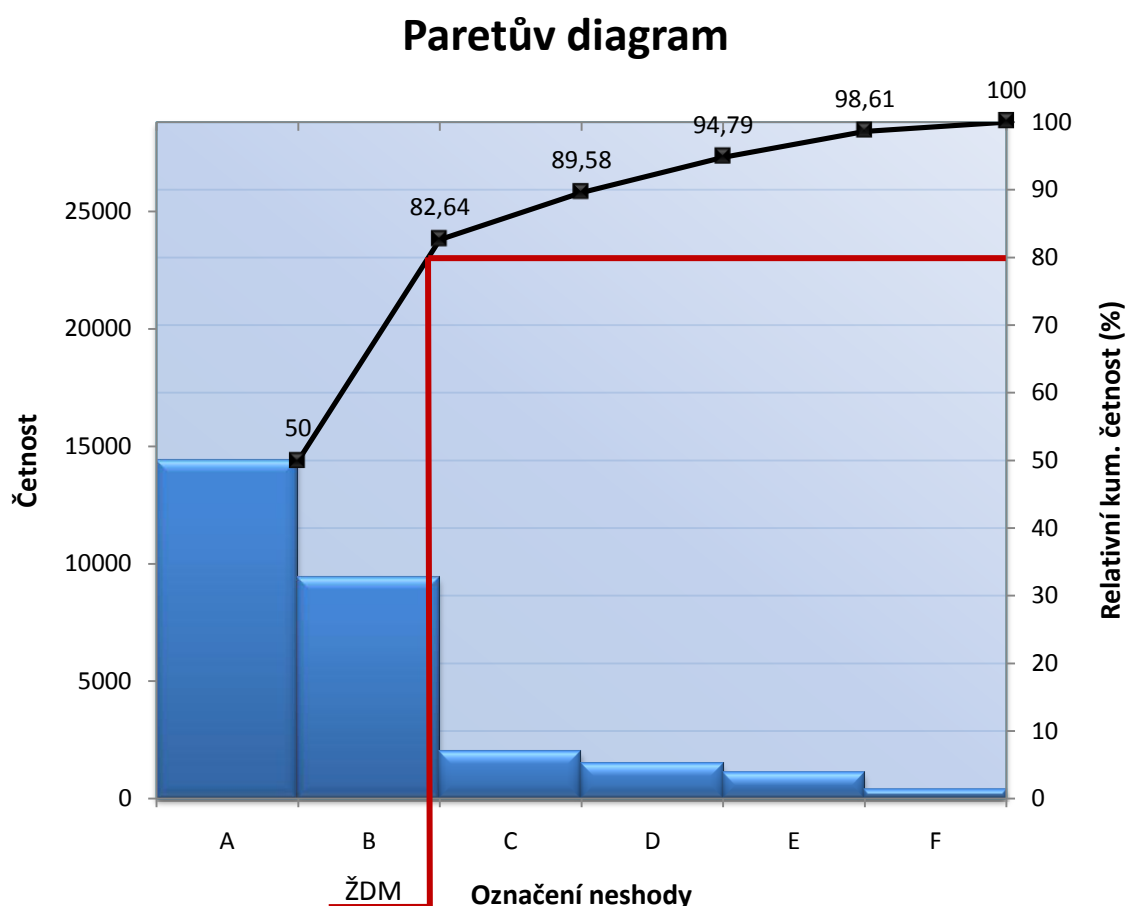
Pro efektivní řešení problémů s jakostí je velice užitečné propojení Paretovy analýzy a diagramu příčin a následku. Paretova analýza se využije k výběru nejzávažnějšího činitele problému a jeho možné příčiny pak tým analyzuje v diagramu příčin a následku. Týmové bodové hodnocení závažnosti jednotlivých příčin je podkladem pro zpracování dalšího Paretova diagramu, v němž se vyhodnotí rozhodující příčiny. K odstranění těchto příčin se navrhnou vhodná nápravná opatření. Po jejich provedení se shromáždí potřebné údaje a opětovně se sestrojí Paretův diagram používaný pro výběr nejzávažnějšího činitele problému. Z porovnání diagramů charakterizujících stav před a po provedení opatření lze vyhodnotit jak celkový efekt těchto opatření, tak jejich vliv na jednotlivé činitele [3].

Postup při Paretově analýze [2]:

1. Volba faktorů,
2. volba hlediska analýzy,
3. sběr a záznam dat,
4. sestrojení Paretova diagramu:
 - a) seřídění faktorů sestupně podle hodnot zvoleného ukazatele,
 - b) výpočet absolutní kumulativní četnosti a kumulativní četnosti v %,
 - c) vyznačení jednotlivých faktorů v grafu na ose x ,
 - d) sestrojení levé a pravé osy y , zakreslení sloupců pro jednotlivé faktory,
 - e) sestrojení Lorenzovy křivky (spojnice bodů, jejichž souřadnice odpovídají hodnotě pravé hranice daného sloupku a hodnotě kumulované četnosti v procentech odpovídající danému faktoru),
5. volba kritéria pro stanovení "*životně důležité menšiny*" a "*užitečné většiny*" faktorů,
6. analýza faktorů stanovených jako "*životně důležitá menšina*".

Při volbě kritéria pro stanovení "*životně důležité menšiny*" faktorů je základním kritériem kritérium 80/20 (Paretův princip). Je-li Paretovo rozdělení ploššího tvaru, nevede však uplatnění kritéria 80/20 k vymezení menšiny. V tomto případě bude vhodnější např. kritérium 70/30 nebo 50/50. Jinou možností je použití tzv. *kritéria průměrné hodnoty* zvoleného ukazatele. V tomto případě postupně porovnáváme hodnotu zvoleného ukazatele u jednotlivých faktorů s průměrnou hodnotou tohoto ukazatele. Faktor, kde je hodnota daného ukazatele menší než průměrná hodnota, již nepatří do "*životně důležité menšiny*" a není zahrnut do hlubší analýzy, stejně jako všechny po něm následující faktory [2].

Ukázka Paretova diagramu s vyznačením "*životně důležité menšiny*" příčin (ŽDM) při použití pravidla 80/20 je znázorněna na obr. 3.



Obr. 3 Ukázka Paretova diagramu a identifikace životně důležité menšiny při použití pravidla 80/20

1.2.5 Histogram

Prvotní data, obvykle získaná ve formuláři pro sběr údajů, dávají jen hrubou představu o sledovaném znaku jakosti. Tuto představu poněkud zlepšují vypočtené statistické charakteristiky polohy a variability (blíže kap. 1.1.1), např. aritmetický průměr a směrodatná odchylka, ale podrobnější informace o naměřených datech nám poskytne teprve konstrukce histogramu, který díky své přehlednosti a jednoduchému sestavení patří k nejznámějším a v praxi nejpoužívanějším jednoduchým statistickým nástrojům [3].

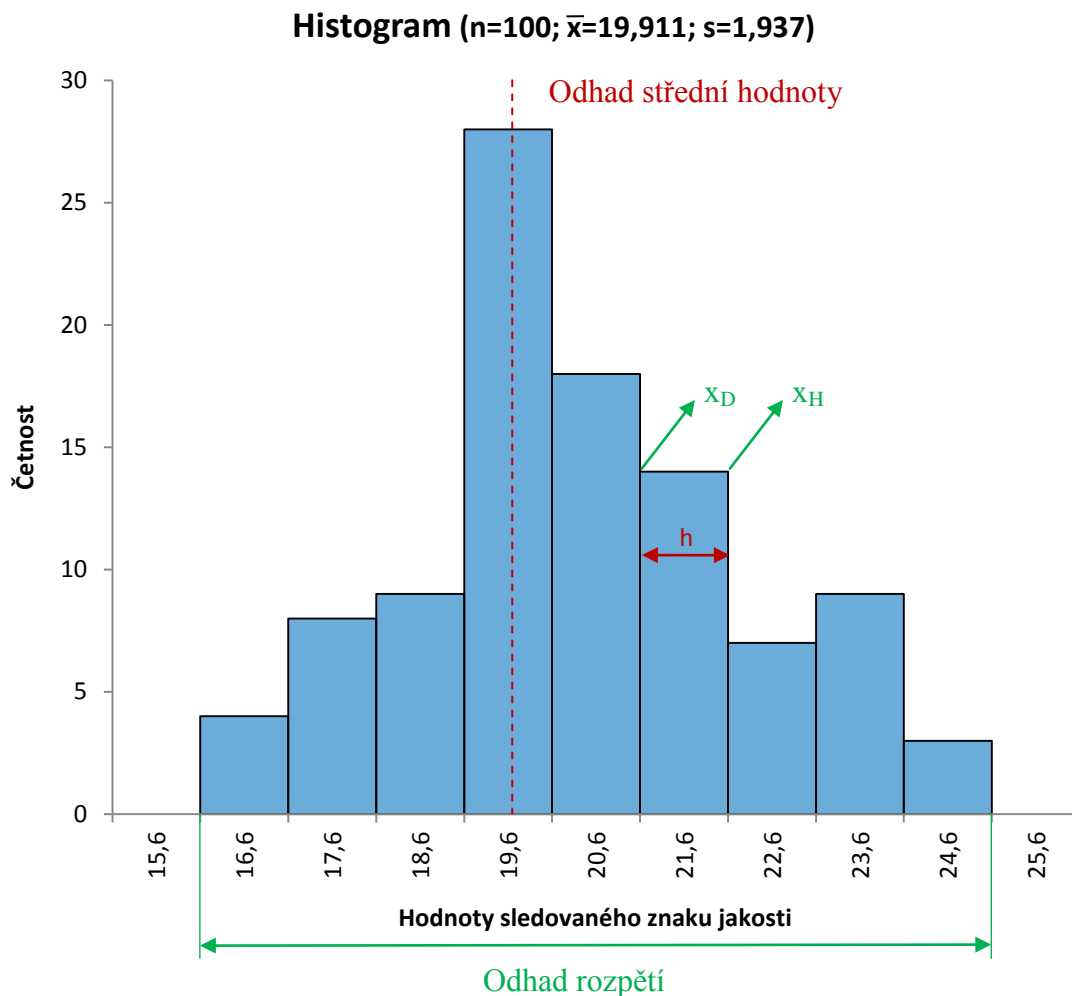
"Histogram představuje grafické znázornění intervalového rozdělení četností" [2]. V oblasti jakosti jde např. o zobrazení rozdělení četnosti hodnot znaku jakosti (rozměrů výrobků, výkonu, pevnosti, apod.). Histogram je "sloupcový graf se sloupci většinou stejné šířky, kde základna jednotlivých sloupců odpovídá šířce třídního intervalu h a výška sloupců většinou vyjadřuje četnosti hodnot sledované veličiny (např. počet vad určitého druhu)" [2]. Každý interval je definován dolní a horní hranicí x_D a x_H . Ukázka histogramu je na obr. 4.

Histogramy mohou být poměrně citlivé na počet sloupců a jejich šířku. V případě malých datových souborů mohou histogramy dramaticky měnit vzhled, pokud se změní počet tříd nebo jejich šířka (pro sestrojení histogramu se doporučuje minimálně 30 hodnot). Histogramy jsou stabilnější pro větší datové soubory, nejlépe o počtu hodnot 75 až 100 a více [6].

Postup sestrojení histogramu lze shrnout do následujících kroků [2]:

1. Výpočet rozpětí souboru R ,
2. stanovení počtu a šíře intervalů,
3. sestavení tabulky četností,
4. stanovení hranic intervalů,
5. stanovení třídních znaků,
6. přiřazení naměřených hodnot do jednotlivých intervalů v tabulce četností,
7. sestrojení vlastního histogramu.

Tvar histogramu umožňuje posoudit typ rozdělení (symetrické, asymetrické) a působení vymezených příčin variability. V případě normality dat by měl mít histogram zvonovitý tvar, přičemž každá odchylka od tohoto tvaru signalizuje pravděpodobné působení vymezených vlivů. Pomocí histogramu dále můžeme provést odhad statistických ukazatelů polohy (odhad střední hodnoty) a variability (odhad rozpětí) a v případě, že jsou do histogramu zakresleny toleranční meze a střed tolerančního pole, můžeme provést prvotní analýzu způsobilosti procesu [2].



Obr. 4 Ukázka histogramu [10]

1.2.6 Bodový diagram

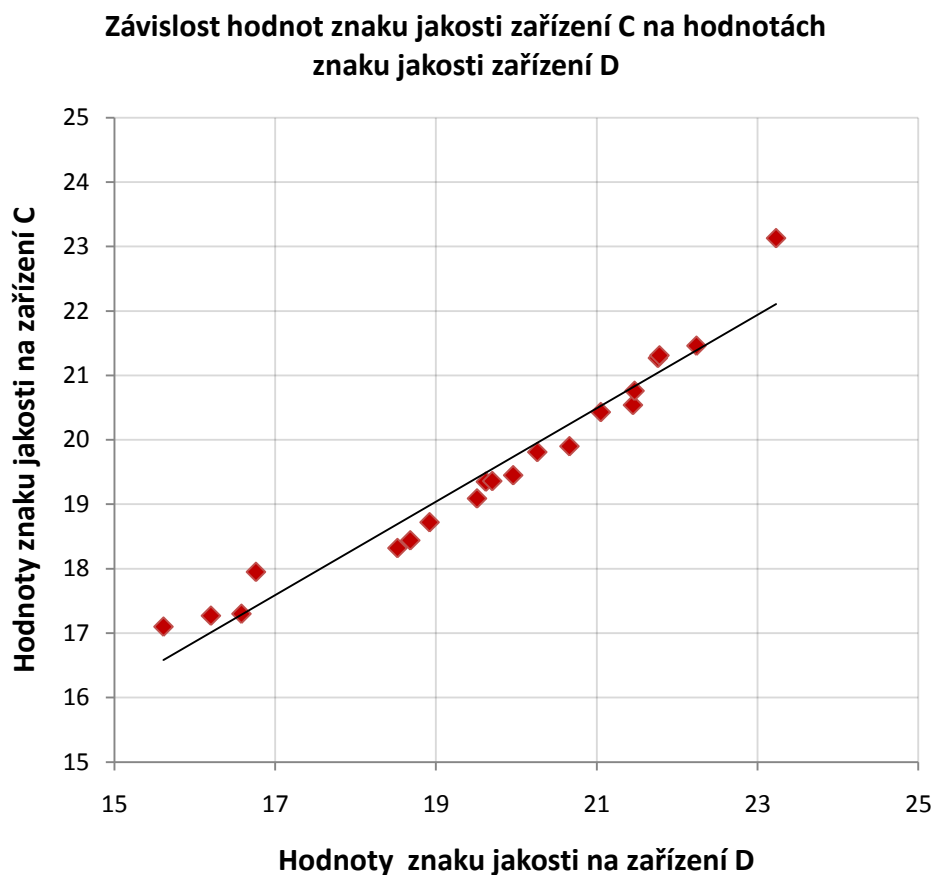
"Bodový diagram představuje grafické zobrazení stochastické závislosti dvou náhodných proměnných" [3]. Pomocí bodového diagramu lze posuzovat například vzájemnou souvislost mezi dvěma znaky jakosti výrobku nebo vzájemnou souvislost mezi určitým znakem jakosti výrobku a jednotlivými parametry procesu [3].

Rozmístění bodů v bodovém diagramu, které odpovídají jednotlivým dvojicím hodnot příslušných proměnných, charakterizuje směr, tvar a míru těsnosti závislosti mezi sledovanými proměnnými. Ve většině případů se v praxi setkáváme s volnými závislostmi, které jsou charakteristické určitým rozptylem bodů. Příčinou tohoto rozptylu je nejčastěji působení dalších vlivů, jako je např. variabilita parametrů procesu, vnějších podmínek, vlastností použitých materiálů, apod. Na rozptylu bodů se rovněž podílí nepřesnost stanovení

hodnot odpovídajících proměnných, kterou ovlivňuje řada parametrů, např. nepřesnost metody stanovení, nepřesnost měřicího zařízení, nepřesnost obsluhy, apod. [3].

Při konstrukci bodového diagramu postupujeme následovně [2]:

1. Zvolíme nezávislou proměnnou X a závislou proměnnou Y .
2. Provedeme měření minimálně 30 dvojic hodnot závislé a nezávislé proměnné (X_i, Y_i) a zaznamenáme je do tabulky.
3. Z naměřených hodnot sestavíme bodový diagram tak, že dvojice hodnot (X_i, Y_i) znázorníme v pravoúhlé souřadnicové soustavě (X, Y). Každá dvojice (X_i, Y_i) je zobrazena bodem o souřadnicích [X_i, Y_i].
4. Provedeme analýzu bodového diagramu.



Obr. 5 Ukázka bodového diagramu

Sestrojený bodový diagram podává základní grafickou informaci o vzájemné souvislosti dvou sledovaných proměnných (ukázka bodového diagramu je na obr. 5). Posuzujeme, zda

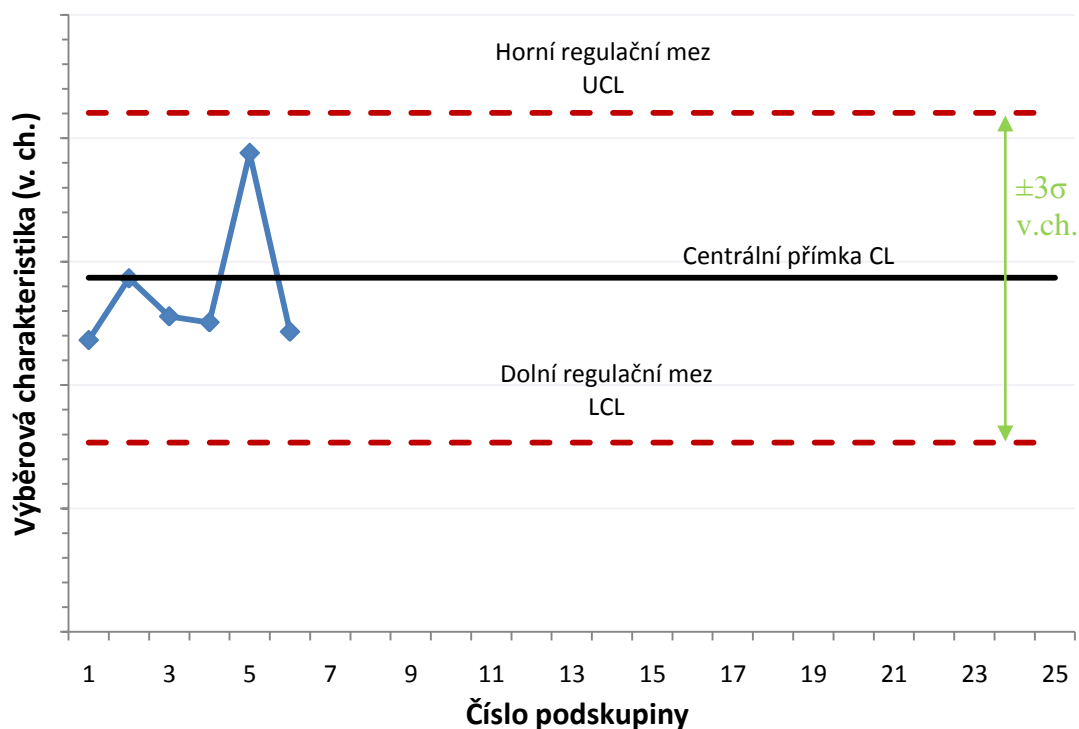
jde o stochastickou závislost přímou či nepřímou, lineární, nelineární nebo žádnou, a jak silná tato závislost je.

Pro posouzení toho, zda lze příslušnou závislost popsat vhodným matematickým vztahem a zda je tento vztah statisticky významný, je potřeba provést další hodnocení, kterým se zabývá regresní a korelační analýza (blíže v kap. 1.1.4).

1.2.7 Regulační diagram

Regulační diagram je základním grafickým nástrojem umožňujícím odlišit variabilitu procesu vyvolanou vymezitelnými příčinami od variability vyvolané náhodnými příčinami [3]. Je to "grafická pomůcka zobrazující vývoj variability procesu v čase využívající principů testování statistických hypotéz" [13]. Jednou z funkcí efektivního využití regulačních diagramů je poskytnout statistický signál, když začne působit vymezitelná příčina, a vyhnout se zbytečnému signálu, když k žádné významné změně v procesu nedošlo [13].

Základní struktura regulačního diagramu je na obr. 6.



Obr. 6 Základní struktura regulačního diagramu [10]

Na osu x se vynášejí čísla podskupin (výběrů), na osu y hodnoty výběrových charakteristik sledovaného znaku jakosti či parametru procesu, které vypočítáme z chronologicky za sebou jdoucích hodnot znaku jakosti získaných při provádění pravidelných výběrových kontrol [13]. Jako výběrové charakteristiky znaků jakosti se používají zejména průměr \bar{x} , směrodatná odchylka s , variační rozpětí R , podíl neshodných jednotek ve výběru p , počet neshod ve výběru c a průměrný počet neshod na jednotku ve výběru u . Typický regulační diagram Shewhartova typu je diagram, kde je znázorněna střední (centrální) přímka CL , značící standardní, očekávanou cílovou hodnotu charakteristiky znaku jakosti, a obě regulační meze - dolní regulační mez LCL a horní regulační mez UCL [4]. Tyto meze vymezují pásmo působení pouze náhodných příčin variability a jsou základním rozhodovacím kritériem, zda učinit do procesu zásah či nikoliv. Nejčastěji jsou tyto meze stanoveny ve vzdálenosti 3σ na obě strany od centrální přímky [13].

Statistická regulace procesu

Regulační diagram je základním nástrojem statistické regulace procesu. Statistická regulace procesu (SPC - Statistical Process Control) "představuje preventivní nástroj řízení jakosti, neboť na základě včasného odhalování významných odchylek v procesu od předem stanovené úrovně umožňuje realizovat zásahy do procesu s cílem udržovat jej dlouhodobě na přípustné a stabilní úrovni, popř. umožnit proces zlepšovat" [13].

Při zavádění statistické regulace se pomocí regulačního diagramu nejprve analyzuje, zda je variabilita procesu vyvolána pouze náhodnými příčinami nebo i působením vymezitelných příčin. V případě, kdy je zjištěno působení vymezitelných příčin, je potřeba tyto příčiny identifikovat a odstranit, tak aby se proces dostal do stavu, ve kterém jeho variabilitu vyvolávají pouze náhodné příčiny. Proces, který je ovlivňován pouze náhodnými příčinami, se označuje jako *statisticky zvládnutý proces*. *Statisticky nezvládnutý proces* je naopak proces, na který působí i vymezitelné příčiny variability [3].

Stav, kdy proces není statisticky zvládnutý, je signalizován body ležícími mimo regulační meze nebo body vykazujícími trendy či nenáhodná seskupení. V případě, že takové body v regulačním diagramu existují, je třeba provést analýzu procesu a vyhledat a odstranit vymezitelnou příčinu, která signalizovanou nestabilitu způsobila. Pokud uvnitř regulačních mezí leží všechny body, je proces pokládán za statisticky zvládnutý a není vyžadován žádný zásah do procesu [13].

V závislosti na charakteru sledovaného znaku jakosti se SPC rozlišuje na statistickou regulaci měřením a statistickou regulaci srovnáváním.

Mezi nejčastěji používané Shewhartovy regulační diagramy pro SPC měřením patří [13]:

- (\bar{x}, R) - regulační diagramy pro výběrový průměr a rozpětí,
- (\bar{x}, s) - regulační diagramy pro výběrový průměr a směrodatnou odchylku,
- (\tilde{x}, R) - regulační diagramy pro výběrový medián a rozpětí,
- (x_i, R_{kl}) - regulační diagramy pro individuální hodnoty a klouzavé rozpětí.

Nejčastěji používanými Shewhartovými regulačními diagramy pro SPC srovnáváním jsou [13]:

- p - regulační diagram pro podíl neshodných jednotek v podskupině,
- np - regulační diagram pro počet neshodných jednotek v podskupině,
- c - regulační diagram pro počet neshod v podskupině,
- u - regulační diagram pro průměrný počet neshod na jednotku v podskupině.

Účinnost těchto diagramů je ovlivněna mírou splnění určitých statistických předpokladů, proto je nutné před volbou metody SPC splnění těchto předpokladů ověřit [13].

Součástí zdokonalování procesu pomocí statistické regulace je tzv. analýza způsobilosti procesu, blíže popsána v kap. 1.3.

1.3 Hodnocení způsobilosti procesu

Jednou z důležitých oblastí managementu jakosti, zdůrazňovanou i v normách souboru ISO 9000:2000, je měření procesů. Součástí měření procesů je hodnocení způsobilosti procesů, kterou lze charakterizovat jako "schopnost procesu poskytovat výrobky splňující požadovaná kritéria jakosti" [3].

K hodnocení způsobilosti procesů se používají indexy způsobilosti, které porovnávají předepsanou maximálně přípustnou variabilitu hodnot danou tolerančními mezemi se skutečnou variabilitou sledovaného znaku jakosti dosahovanou u statisticky zvládnutého procesu. Velmi důležitý je přitom zejména způsob shromáždění prvotních údajů a splnění omezujících podmínek. Základní podmínkou je, že hodnocený proces musí být ve statisticky zvládnutém stavu. Druhou podmínkou, která musí být splněna v případě měřitelných znaků jakosti při použití standardních vztahů pro výpočet indexů způsobilosti, je, že rozdělení sledovaného znaku jakosti musí odpovídat normálnímu rozdělení. Před shromážděním údajů je rovněž žádoucí provést analýzu systému měření zvoleného znaku jakosti a ověřit jeho

vhodnost. Nevyhovující systém měření by mohl vést k nesprávným výsledkům hodnocení způsobilosti procesu [3].

Nejčastěji využívanými indexy způsobilosti používané k hodnocení způsobilosti procesu jsou indexy C_p a C_{pk} . V menší míře se zatím uplatňují indexy C_{pm} , C_{pm}^* a C_{pmk} , které navíc posuzují schopnost procesu dosahovat u výrobků cílové hodnoty sledovaného znaku jakosti [3].

"Index způsobilosti C_p je mírou potenciální způsobilosti procesu zajistit, aby hodnota sledovaného znaku jakosti ležela uvnitř tolerančních mezí" [3]. Lze jej stanovit pouze v případech, kdy jsou specifikovány oboustranné toleranční meze. Index C_p tedy charakterizuje potenciální možnosti procesu dané jeho variabilitou, ale již nic neříká o tom, jak jsou tyto možnosti ve skutečnosti využity [3]. Počítá se podle vztahu:

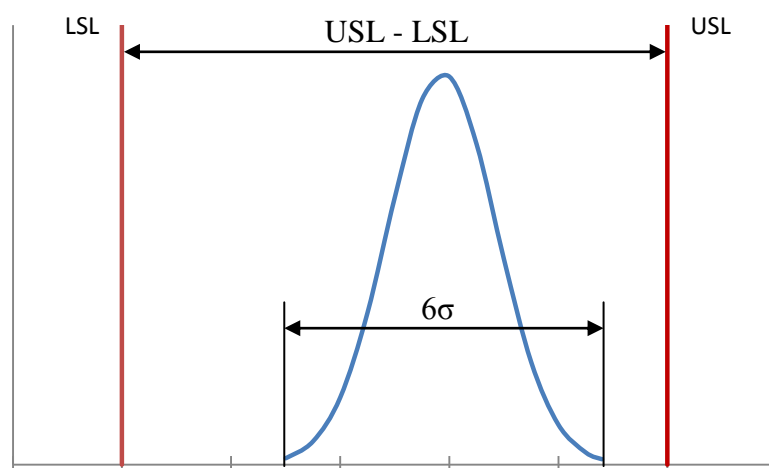
$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (9)$$

kde: LSL - dolní toleranční mez

USL - horní toleranční mez

σ - směrodatná odchylka

Grafické znázornění charakteristik potřebných pro výpočet indexu způsobilosti C_p je uvedeno na obr. 7.



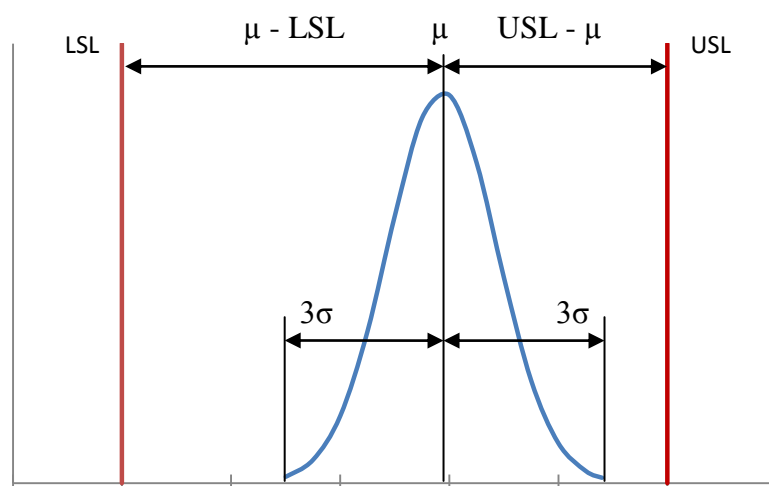
Obr. 7 Charakteristiky potřebné pro stanovení indexu způsobilosti C_p [3]

Index způsobilosti C_{pk} , na rozdíl od indexu C_p , zohledňuje nejen variabilitu sledovaného znaku jakosti, ale i jeho polohu vůči tolerančním mezím. "Index C_{pk} tedy charakterizuje skutečnou způsobilost procesu dodržovat předepsané toleranční meze" [3]. Lze jej počítat v případě oboustranné i jednostranné tolerance a v případě předpisu obou tolerančních mezí se počítá podle vztahu [3]:

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{\mu - LSL}{3\sigma}; \frac{USL - \mu}{3\sigma} \right\} \quad (10)$$

kde: μ - střední hodnota sledovaného znaku jakosti

Grafické znázornění charakteristik potřebných pro výpočet indexu způsobilosti C_{pk} je uvedeno na obr. 8.



Obr. 8 Charakteristiky potřebné pro stanovení indexu způsobilosti C_{pk} [3]

Požadavky na způsobilost procesu se většinou vztahují k hodnotě indexu způsobilosti C_{pk} . Minimální hodnota indexu C_{pk} , při které je v současné době proces považován za způsobilý, je 1,33. V případě zjištění, že proces není způsobilý, je potřeba rozlišit případy, kdy je nezpůsobilost způsobena posunem hodnot vůči středu tolerančního pole nebo vysokou variabilitou sledovaného znaku jakosti. V prvním případě je opatření ke zlepšení obvykle jednodušší, neboť stačí proces správně seřadit vůči tolerančním mezím. Ve druhém případě je k dosažení způsobilosti nutné snížit variabilitu dosahovaných hodnot na takovou úroveň, aby hodnota indexu C_p byla alespoň 1,33 nebo vyšší. Pak už lze způsobilosti procesu dosáhnout seřízením střední hodnoty sledovaného znaku na střed tolerančního pole [3].

2 Představení Třineckých železáren, a.s.

2.1 Historie TŽ, a.s.

Třinecké železáreny, a.s. patří k průmyslovým podnikům s nejdelší tradicí hutní výroby v České republice. Byly založeny v roce 1839 Těšínskou komorou, kterou v té době vlastnil arcivévoda Karel Habsburský.

Počátky hutní výroby v Třinci jsou spjaty s výrobou slévárenského železa v dřevouhelné vysoké peci. Výhodná poloha železáren, jejich napojení na Košicko-bohumínskou železniční dráhu a dostupnost surovin postupně umožnily v 70. letech devatenáctého století tehdejšímu majiteli – Těšínské komoře – soustředit hutní provozy z nedalekého okolí právě do Třince [9].

V roce 1906 se staly Třinecké železáreny nejvýznamnější součástí Báňské a hutní společnosti. Z tohoto období pochází také ochranná známka „tři kladiva v kruhu“, která doprovází třinecké hutní výrobky i v dnešní době.

Razantní modernizační politika kapitálově silné Báňské a hutní společnosti záhy změnila podobu železáren. Již ve dvacátých letech 20. století patřily železáreny k nejmodernějším hutním závodům s uzavřeným hutním výrobním cyklem ve střední Evropě. V roce 1929 představoval jejich podíl na československé výrobě surové oceli 23 % a válcovaného materiálu dokonce 31 % [7].

V roce 1946 byly železáreny, které nebyly 2. světovou válkou významně poškozeny, znárodněny. Rozvoj železáren pokračoval i v období socialistického Československa, kdy se rozvoji těžkého průmyslu přikládal značný význam.

Růst produkce oceli a válcovaného materiálu dosáhl svého historického vrcholu v 80. letech 20. století. Vedle růstu produkce byl důraz také kladen na zavádění moderních hutních technologií. K nejvýznamnějším investicím tohoto období patří vybudování kyslíkové konvertorové ocelárny s následným blokovým a později i sochorovým kontilitím. Od roku 1995 je veškerá ocel vyráběna v konvertorech nebo elektrických obloukových pecích, přičemž 90 % vyrobené oceli je kontinuálně odléváno [7].



Změna politického systému v Československu v roce 1989 vedla k postupné privatizaci Třineckých železáren. V roce 1991 byly Třinecké železářny převedeny na státní akciovou společnost, přičemž v průběhu let 1994–1996 byla kapitálová účast státu v železárnách postupně snižována. Od roku 1996 jsou Třinecké železářny zcela odstátněny a jejich majoritním vlastníkem je akciová společnost Moravia Steel [8].

Po privatizaci došlo také ke změně modelu řízení společnosti a byly rekonstruovány orgány akciové společnosti, což bylo doprovázeno také personálními změnami. Rovněž se zvýšila podnikatelská aktivita společnosti zhodnocující jak vlastní hutní výrobky, tak i know-how svých vlastních zaměstnanců [7].

Třinecké železářny, a.s. jsou dnes moderním hutním podnikem, jehož hlavní výrobní portfolio tvoří dlouhé válcované výrobky – drát, betonářská a tvarová ocel, speciální tyčová ocel, kolejnice, široká ocel a hutní polotovary. Dalšími výrobky jsou koks, doprovodné produkty vznikající při jeho výrobě, umělé hutné kamenivo a granulovaná struska [9].

2.2 Charakteristika provozu Válcovny drátu a jemných profilů

Počátky dnešní Válcovny drátu a jemných profilů (VJ) sahají do šedesátých let minulého století, kdy byla v červnu 1960 dokončena výstavba jemné kontiprofilové válcovny. Její sortiment byl tehdy soustředěn do výroby méně ušlechtilých ocelí. Dvoužilová válcovací trať umožňovala válcování hladké tyčové oceli od průměru 16 mm do průměru 32 mm, kruhové oceli ve svitcích, betonářské a především profilové oceli [7].

Přechod z neušlechtilého sortimentu ocelí na ušlechtilý sortiment byl z důvodu neustále vzrůstajících požadavků zákazníků a silícího konkurenčního prostředí podmíněn modernizací válcovny, která vyvrcholila rozsáhlou rekonstrukcí v roce 2004. Sortiment, který dnes vyrábí kontijemná válcovací trať (KJT), tvoří kruhová ocel v tyčích (16 mm - 80 mm) a ve svitcích (16 mm - 50 mm), plochá ocel, šestihrany, betonářská žebírková ocel v rozměrech 10 mm - 32 mm a úhelníky. Po úspěšném zavedení řízeného válcování speciální tyčové oceli typu SBQ (Special bar quality) do výroby byla v KJT soustředěna pozornost na možnosti jejího navíjení do svitků a v roce 2008 tak po dlouhých přípravách proběhla



výstavba Garretových navíječek. Součástí této investice je i nejmodernější technologie zrychleného a zpomaleného ochlazování svitků v rozsahu průměru oceli 16 mm – 50 mm. Výrobní portfolio kontijemné válcovny se v posledních letech mění směrem k produktům s vyšší užitnou hodnotou, které nalézají uplatnění především v automobilovém a strojírenském průmyslu [9].

Kontidráťová válcovací trať (KDT), která je součástí provozu VJ, byla uvedena do provozu v roce 1973 a její výstavba měla vyřešit dosavadní jakostní problémy ve výrobě ocelového drátu. Původně byla vybavena narážecí pecí a čtyřžilovou válcovací tratí, která umožňovala válcovat drát v rozměrech 5,5 - 11 mm o hmotnosti svitků 1 tuna. V roce 2000 byla původní válcovací trať téměř od základů rekonstruována. Moderní kontidráťová dvoužilová trať s řízeným ochlazováním dnes dokáže vyrábět drát o průměru 5,5 – 20 mm ve dvoutunových svitcích při výstupní válcovací rychlosti až 100 m/s [7].

Výrobní technologii samotné tratě dnes tvoří kroková pec pro ohřev sochorů 150x150 mm o délce 12 m a hmotnosti 2 tuny, na kterou navazuje spojitá kontidráťová válcovna. V rámci technologie válcování na KDT došlo v poslední době k rozšíření výroby hlavně vysokouhlíkových drátů (kordy a dráty pro předpjatý beton), šroubárenských vysokopevnostních drátů, ložiskových drátů a především drátů pro výrobu pružin [9].

Podstatná část produkce z kontijemné i kontidráťové válcovny prochází dále finalizačními zařízeními, která umožňují další zpracování a zkoušení vyválcovaného materiálu na rovnacích, tryskacích a hrotovacích linkách, tepelné zpracování materiálu žiháním ve vozových a STC pecích, loupání tyčové oceli na loupacích strojích, tažení drátu na STAKU lince, kontrolu vnitřních i povrchových vad na defektoskopických linkách, popřípadě kombinaci těchto operací dle přání zákazníka.

Obě válcovací tratě, KJT i KDT, jsou klíčovými válcovacími tratěmi podniku a z pohledu objemu výroby vyrábí více jak 60% celkové produkce TŽ, a.s.

Provoz Válcovny drátu a jemných profilů se v současné době skládá z těchto středisek:

- a) Čistírna dlouhých sochorů a vsázka,
- b) Kontijemná válcovací trať (KJT),
- c) Kontidráťová válcovací trať (KDT),
- d) Úpravna kontijemné tratě,
- e) Úpravna ušlechtilých ocelí,
- f) Žihací pece a STAKU linka.

2.3 Systému řízení jakosti v podniku TŽ, a.s.

Od roku 1991, kdy bylo rozhodnuto o vybudování systému jakosti v Třineckých železárnách podle požadavků evropských norem ISO řady 9000, probíhala po dobu dvou let přípravná fáze zakončená v říjnu 1993 úspěšným certifikačním auditem, kdy podnik získal certifikát dle ČSN EN ISO 9001. Tento zavedený systém řízení jakosti, který pokrývá všechny předvýrobní, výrobní a povýrobní činnosti v hutních provozech, je ve shodě s mezinárodními normami a předpisy a poskytuje záruky o tom, že jsou vytvořeny podmínky pro shodnost dodávky s požadavky definovanými zákazníkem [8].

V roce 2000 byl systém jakosti rozšířen o požadavky odvětvových standardů dle normy VDA 6.1 pro automobilový průmysl, od června 2008 je v podniku a potažmo na provozu VJ zaveden systém managementu jakosti dle normy ČSN EN ISO/TS 16949. Systém environmentálního managementu je na VJ certifikován dle normy ČSN EN ISO 14001 od roku 2001. Každým rokem se pak tyto certifikáty obhajují u auditorů certifikační společnosti TÚV NORD Czech, s.r.o. [8].

Systém jakosti je v TŽ, a.s. řízen technicko-organizačním pokynem *TOP-TŽ 02/01 Systém kvality a EMS* a prezentován *Příručkou jakosti a EMS*.

Příručka jakosti a EMS uvádí základní přehled fungování systému jakosti a EMS, jeho organizaci a pravidla řízení. Jednoznačně vymezuje rozsah certifikace a zařazení jednotlivých organizačních útvarů do systému jakosti a EMS. Dále pak obsahuje dokumentované postupy v rámci řízení jakosti a environmentu nebo se na ně odkazuje, definuje procesy a vymezuje jednotlivé vazby mezi nimi.

Účelem systému jakosti v TŽ, a.s. je jednoznačně a prokazatelně zabezpečovat požadavky zákazníka na jakost výrobků ve všech fázích hlavního procesu a optimalizovat plánování a realizaci jakosti výrobků a procesů [16].

Třinecké železářny, a.s. investují ročně značné náklady do neustálého vzdělávání svých zaměstnanců jak v oblasti odborné, tak i v oblasti systému jakosti a EMS s cílem zvyšovat povědomí svých zaměstnanců o nutnosti efektivního fungování managementu jakosti a environmentálního managementu.

3 Analýza stávajících postupů využívání statistických metod a nástrojů managementu jakosti

Tato kapitola je věnována systému řízení statistických metod v TŽ, a.s. a jednoduchým statistickým nástrojům a nástrojům managementu jakosti využívaných v rámci provozu VJ.

3.1 Systém řízení statistických metod v TŽ, a.s.

Statistické metody jsou v TŽ, a.s. vymezeny technicko-organizačním pokynem *TOP-TŽ 20/01 Statistické metody*, který spadá do druhé hladiny řízené dokumentace. V tomto dokumentu nalezneme přehled a popis statistických metod používaných v TŽ, a.s. a MS, a.s., přiřazení odpovědností a pravomocí, zásady pro tvorbu a udržování dokumentovaných postupů pro aplikaci statistických metod. Cílem tohoto *TOP* je využití statistických metod v oblasti vývoje a výroby k odhalování a analýze příčin způsobujících odchylky v jakosti a ke zdokonalování jakostních parametrů výrobků a výrobních procesů.

3.1.1 Odpovědnosti a pravomoci

Za aplikaci vhodných statistických metod pro zabezpečování a plánování jakosti, analyzování a řešení problémů v systému řízení jakosti na svém odborném útvaru odpovídá správce procesu (vedoucí odborného útvaru). Vedoucí OÚ dále nese odpovědnost za udržování a využívání dokumentace statistických metod, vyškolení potřebného počtu zaměstnanců ze znalostí jednoduchých nástrojů řízení jakosti a statistických metod vhodných pro aplikaci na daném OÚ a určení řešitele zadaného úkolu zpracovávaného pomocí statistických metod.

Řešitel podle druhu úkolu stanovuje a aplikuje vhodné statistické metody, interpretuje výsledky, zpracovává závěry, doporučení a protokol statistických metod.

Referent jakosti z oddělení *Kontrola a řízení jakosti* externí dodavatelské firmy řeší požadavky objednané odbornými útvary TŽ, a.s. v rozsahu odpovědnosti řešitele a vede databázi protokolů statistických metod jím řešených [17].

3.1.2 Zdroje potřeb pro aplikování statistických metod

Potřeby aplikace statistických metod využívaných v TŽ, a.s. a MS, a.s. vyplývají z [17]:

- požadavků zákazníka (kupní smlouva, zákaznický audit, dohody o kvalitě),

- požadavků norem pro zavádění systémů managementu jakosti dle ISO/TS 16949,
- požadavků PPAP (Production part approval process) - proces schvalování dílů do sériové výroby [18],
- interních auditů kvality,
- výsledků auditu třetí stranou,
- analýzy problémů vzniklých ve výrobním procesu nebo na pracovišti daného OÚ,
- reklamací,
- monitorování a analýzy stanovených parametrů procesu, výrobku nebo činnosti,
- hledání nových metod a postupů pro zlepšování efektivnosti a výkonnosti procesů, činností a parametrů výrobků,
- aplikace preventivních metod (předběžné plánování jakosti, FMEA procesu).

3.1.3 Statistické metody aplikované v TŽ, a.s. a MS, a.s.

Mezi statistické metody aplikované v TŽ, a.s. a MS, a.s. podle *TOP-TŽ 20/01* patří [17]:

a) Nástroje a metody univerzálního použití:

- jednoduché nástroje řízení jakosti: postupový diagram, kontrolní formuláře a záznamy, tabulky, mapy vad, histogram četností, Paretova analýza, Ishikawův diagram, bodový diagram,
- nástroje managementu jakosti: diagram afinity, stromový diagram, diagram PDPC, maticový diagram, analýza údajů v matici, síťový diagram,
- brainstorming - týmová technika pro vyhledávání co největšího počtu nápadů, zejména v situacích, kdy se hledá nestandardní (neotřelé) řešení,
- popisná statistika, odhady parametrů rozdělení náhodné veličiny.

b) Metody pro plánování jakosti:

- QFD (Dům jakosti) - metoda používaná pro převedení požadavků zákazníka do inherentních znaků jakosti navrhovaného produktu a procesu jeho realizace,
- APQP (pokročilé plánování projektů) – metoda definování a stanovování kroků nutných k zabezpečení požadované jakosti výrobků pro zákazníka,
- hodnotová analýza, přezkoumání návrhu.

c) Metody pro monitorování a zlepšování procesů:

- hodnocení způsobilosti procesů a zařízení,
- testování hypotéz,
- regresní a korelační analýza,
- ANOVA - analýza rozptylu,
- MSA - analýza systému měření,
- metody predikční údržby,
- PPAP - pokročilé metody vzorkování,
- 8D report - týmové řešení neznámých příčin problému týkajících se produktů i procesů.

d) Metody hodnocení jakosti:

- hodnocení nákladů na jakost,
- benchmarking - nástroj pro nalezení (formou porovnávání se s nejlepším) a aplikaci nejlepších praktik,
- hodnocení dodavatelů.

3.2 Statistické metody využívané na provozu VJ

Cílem této kapitoly je analýza statistických nástrojů a nástrojů managementu jakosti, které se využívají na provozu VJ, a oblastí jejich využití.

3.2.1 Paretova analýza

Paretova analýza je na provozu VJ využívána především k identifikaci nejvýznamnějších vlivů působících na proces a dále pak v oblasti analýzy neshod (blíže v kap. 4.4), kde slouží jako nástroj k určení nejvýznamnějších druhů vad způsobujících vysoký podíl neshodných výrobků. Paretova analýza se zpracovává na základě požadavku vedoucího provozu, který pověří řešitele k jejímu zpracování, interpretaci výsledků, zpracování závěrů, doporučení a vypracování protokolu SM. Závěry ze zpracovaných výsledků jsou poskytnuty vedoucímu provozu, který dále rozhoduje o způsobu jejich využití.

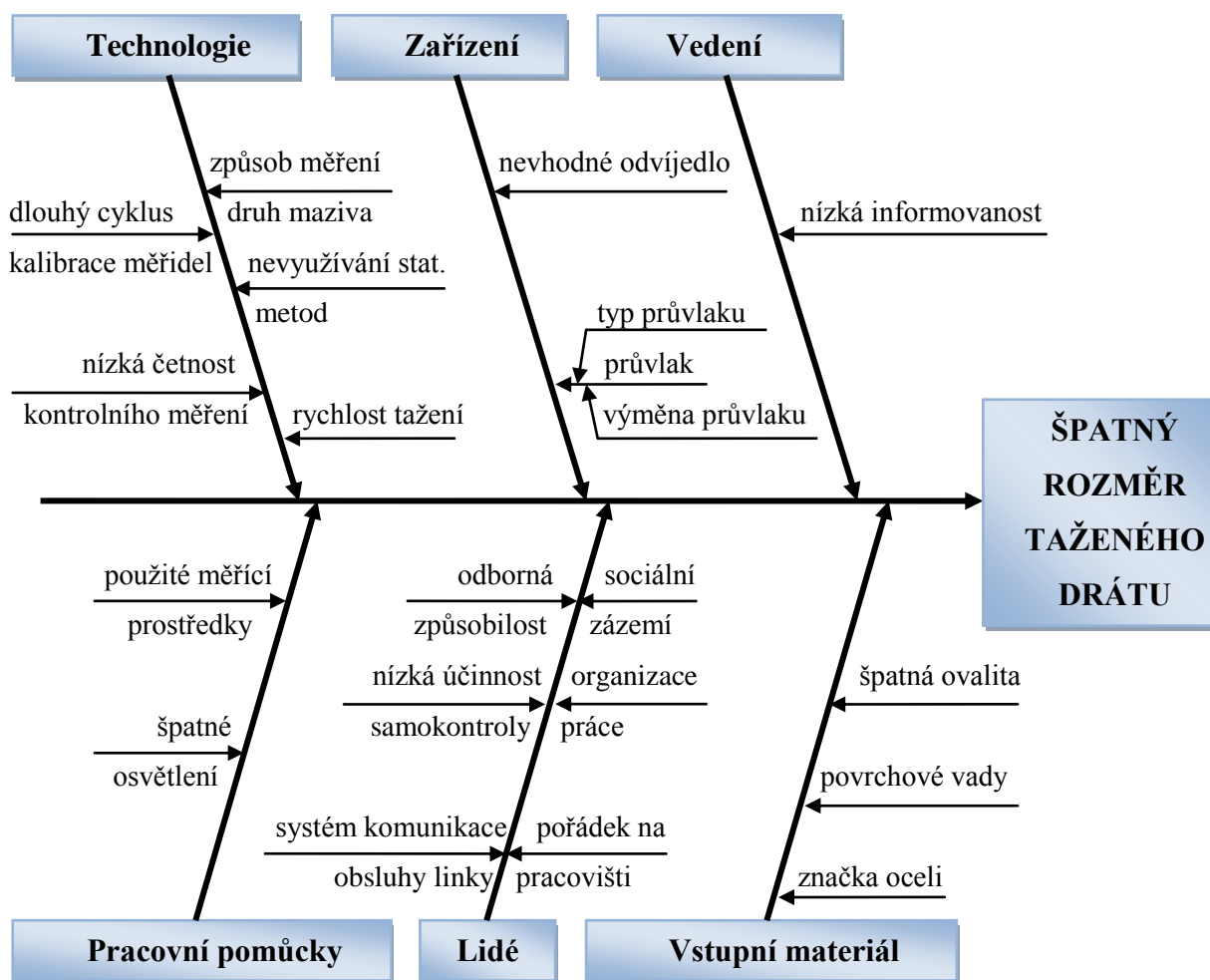
V minulém roce byla na provozu VJ zpracovávána Paretova analýza v návaznosti na diagram příčin a následku k identifikaci vlivů působících na proces tažení drátů s následkem špatného rozměru. Aplikace Paretovy analýzy byla nařízena vedoucím provozu s cílem

odhalit a poté odstranit rozhodující příčiny špatného rozměru taženého drátu na STAKU lince. Pověřený řešitel úkolu svolal tým odborníků, který formou brainstormingu v jednotlivých krocích nejprve analyzoval a poté názorně a strukturovaně zachytil všechny příčiny, které vedou nebo by mohly vést k danému následku, a sestavil diagram příčin a následku (obr. 9). Následně tým bodově ohodnotil nejpravděpodobnější příčiny následku (tab. 1) a sestavil Paretův diagram (obr. 10). Jelikož by uplatnění pravidla 80/20 nevedlo k vymezení životně důležité menšiny příčin, bylo k jejímu stanovení použito pravidlo 70/30. Nakonec tým analyzoval příčiny stanovené jako životně důležitá menšina s cílem přijetí nápravných opatření vedoucích k eliminaci či alespoň omezení vlivu těchto příčin a ke zlepšení procesu tažení drátu.

Složení týmu

- vedoucí VJ, referent jakosti KJT, referent jakosti KDT, technolog VJ, zaměstnanci oddělení technické kontroly

I) Diagram příčin a následku

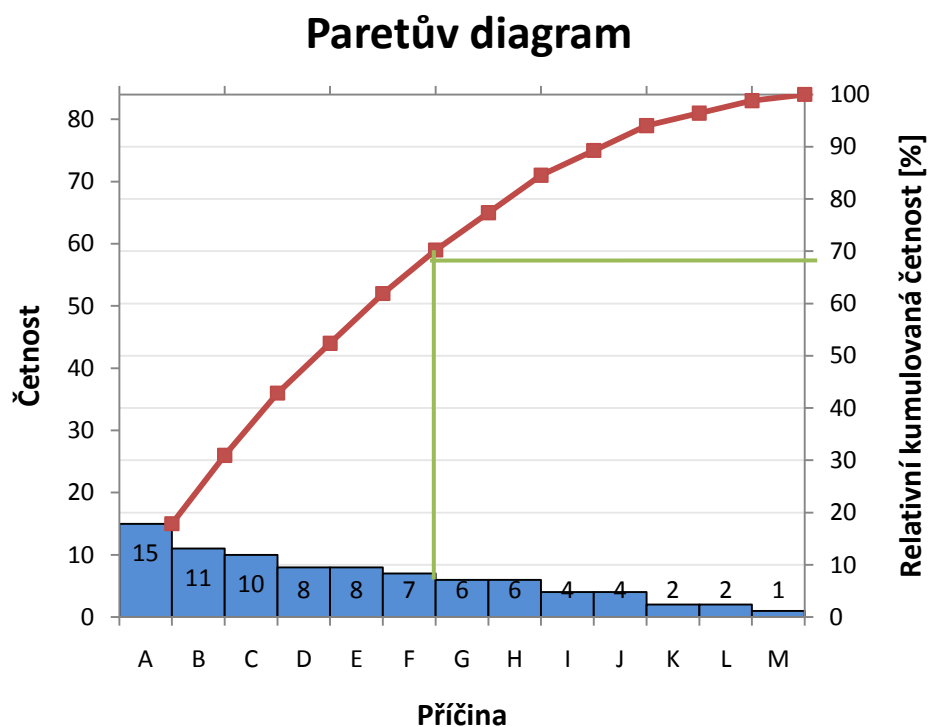


Obr. 9 Ishikawův diagram s následkem špatného rozměru taženého drátu

II) Bodové ohodnocení vybraných příčin

Tab. 1 Tabulka bodového ohodnocení vybraných příčin

Označení příčiny	Příčina	Četnost	Kumulovaná četnost	Relativní kum. četnost [%]
A	nízká účinnost samokontroly	15	15	17,86
B	typ průvlaků	11	26	30,95
C	špatná ovalita vstupního materiálu	10	36	42,86
D	způsob kontroly	8	44	52,38
E	způsob měření	8	52	61,90
F	odborná způsobilost	7	59	70,24
G	organizace práce	6	65	77,38
H	systém komunikace obsluhy na lince	6	71	84,52
I	značka oceli	4	75	89,29
J	nízká četnost kontrolních měření	4	79	94,05
K	rychlost tažení	2	81	96,43
L	nevhodné odvíjedlo	2	83	98,81
M	povrchové vady	1	84	100



Obr. 10 Paretův diagram s vyznačením životně důležité menšiny příčin
uplatněním pravidla 70/30

Pravidlo 70/30 bylo doplněno o aplikaci kritéria průměrné hodnoty daného ukazatele. Průměrná četnost příčin je 6,46. Ke všem příčinám, u kterých je četnost $\geq 6,46$, byla přijata a realizována nápravná opatření a stanoveny příslušné odpovědnosti a termíny provedení jednotlivých úkolů:

III) Opatření k odstranění rozhodujících příčin

1) nízká účinnost samokontroly

- a) Vybavení tažce (předáka STAKU linky) digitálními mikrometry.
- b) Vypracovat operativně-technologický pokyn (*OTP*) pro 100% odběr zkoušek tahem z každého taženého svitku (včetně uvolnění svitků).

2) typ průvlaků

Objednat a vyzkoušet průvlaký od jiného dodavatele.

3) špatná ovalita vstupního materiálu

Zavedení vstupní kontroly průměru taženého drátu za rovnací linkou před tryskačem se záznamem do knihy. V případě zjištění nevyhovujících průměrů se svitek natáhne a jsou informováni oprávnění zaměstnanci KDT.

4) způsob kontroly

viz 1)

5) způsob měření

viz 1) a 3)

6) odborná způsobilost

Zvýšit informovanost tažců o prováděných zkouškách (včetně dosažených výsledků).

Paretovou analýzou byly stanoveny rozhodující příčiny špatného rozměru taženého drátu a přijata nápravná opatření s cílem odstranění nebo alespoň minimalizace těchto nepříznivých faktorů.

3.2.2 Metodika hodnocení způsobilosti procesu na VJ

Problematika hodnocení způsobilosti procesu je v TŽ, a.s. řízena systémovým dokumentem *PPo TŽ-TJ-20/04 Analýza způsobilosti a výkonnosti procesů a zařízení v TŽ, a.s.*, ve kterém jsou podrobně popsána základní pravidla pro hodnocení statistické stability a způsobilosti procesů, které provádí referent jakosti externí společnosti.

Hodnocení statistické stability a způsobilosti procesů se provádí pro daný znak jakosti (parametr procesu). Parametry procesu a frekvence hodnocení stávajících výrobních procesů na provozu VJ jsou uvedeny v tab. 2.

Metodika hodnocení způsobilosti procesu je podle *PPo TŽ-TJ-20/04* rozdělena do tří kroků:

1. sběr dat,
2. analýza dat a výpočet způsobilosti/výkonnosti procesu,
3. hodnocení způsobilosti/výkonnosti procesu.

Sběr dat

Referent jakosti externí společnosti stanoví velikost vzorku, tj. interval vzorkování (2m tyče, svitek, apod.) a schéma odběru vzorků (rozsah logické podskupiny, frekvence odběru podskupin, počet podskupin). Sběr dat je zastřešován provozem samotným, provádí se dle schématu odběru vzorků a výsledky se zaznamenávají chronologicky s identifikací k dané logické podskupině, včetně pořadí měření v rámci podskupiny. Všechny události v procesu, které by mohly mít vliv na charakteristiky polohy nebo variability procesu, musí být evidovány s identifikací k logické podskupině.

Analýza dat

Před stanovením ukazatelů způsobilosti a výkonnosti referent jakosti externí společnosti na zvolené hladině významnosti provede testování odlehlých hodnot, testování normality a nezávislosti dat a stanoví způsob odhadu směrodatné odchylky.

Přibližné ověření normality dat lze usoudit z tvaru sestrojeného histogramu. V případě, že data pocházejí z normálního rozdělení, by měl mít histogram zvonovitý tvar. Standardně lze k ověření normality dat využít některého z testů, např. test χ^2 (chí-kvadrát), testy založené na šikmosti a špičatosti, Kolmogorovův-Smirnovův test a další.

Ke kontrole výskytu odlehlých hodnot lze využít krabicového grafu (Box plot) a Q-Q grafu (Quantile-Quantile plot), k přibližnému posouzení lze opět využít histogramu, z jehož tvaru lze vyčíst, zda datový soubor nevykazuje odlehlé hodnoty (resp. izolované třídy).

Výpočet způsobilosti procesu pomocí indexů C_p a C_{pk}

Po splnění všech nutných podmínek referent jakosti externí společnosti provede hodnocení statistické stability procesu na základě regulačních diagramů. Není-li proces statisticky stabilní, musí se identifikovat příčiny porušení stability a přijmout opatření, aby se tyto příčiny již neopakovaly. Provede se případně nový sběr dat a opakuje se analýza dat a hodnocení statistické stability procesu. Je-li proces statisticky stabilní vzhledem k poloze i rozptylu a znak jakosti má normální rozdělení (nebo se dá transformovat na normální), stanoví se indexy C_p a C_{pk} , jejichž minimální hodnota musí dosahovat alespoň hodnoty 1,33.

Stanovení výkonnosti procesu

Je-li rozdělení znaku jakosti všech hodnot normální nebo není-li porušení normality výrazné, ale proces je statisticky nestabilní, provede se hodnocení výkonnosti procesu pomocí indexů P_p a P_{pk} . Tyto indexy však charakterizují pouze to, jaké výsledky proces poskytoval v minulosti, a nelze je tedy využít k predikci chování procesu.

Požadované hodnoty ukazatelů způsobilosti C_{pk} a P_{pk} v TŽ, a.s.:

- $C_{pk} \geq 1,33$
- $P_{pk} \geq 1,6$

Hodnocení způsobilosti/výkonnosti procesu

Referent jakosti externí společnosti vypracuje protokol, ve kterém provede analýzu dat, vyhodnocení statistické stability procesu a výpočet způsobilosti/výkonnosti procesu. Protokol je schválen vedoucím útvaru pro kontrolu a řízení jakosti externí společnosti a elektronicky rozeslán manažeru jakosti a vedoucímu OÚ, kde bylo hodnocení provedeno. V případě statistické nestability či nezpůsobilosti procesu manažer jakosti hodnoceného útvaru zjistí příčiny nestability/nezpůsobilosti a rozhodne o způsobu řešení. Pokud manažer jakosti přijme opatření k zajištění statistické stability/způsobilosti procesu, nechá ověřit účinnost opatření opětovným měřením dle původně stanovených zásad sběru dat.

Hodnocení statistické stability a způsobilosti procesu se provádí pro daný znak jakosti či parametr procesu pro:

- a) nové výrobní procesy (nové zařízení, agregáty, materiály, tolerance, technologie výroby),
- b) výrobní procesy po střední (generální) opravě nebo delším přerušení výroby,
- c) potřeby procesu schvalování dílů do sériové výroby (PPAP),
- d) stávající výrobní procesy:
 - pro potřeby monitorování dosažené úrovně procesů,
 - po změně variability procesu nebo pásma polohy procesu, pro které byla způsobilost původně stanovena, nebo po znovuvvedení procesu do statisticky stabilního stavu,
- e) na základě specifických požadavků zákazníků.

Tab. 2 Parametry procesu pro stanovení způsobilosti procesů a zařízení na provozu VJ [19]

Proces	Zařízení	Parametr	Hodnota parametru	Perioda hodnocení
Válcování KJT (VJej)	trať	průměr tyčí/drátu	pr. 16 až 30 mm pr. 30,5 až 50 mm pr. 51 až 80 mm	2 x / rok
Loupání	Landgraf č. 1	průměr tyče	pr. 16 až 49 mm pr. 50 až 73 mm	2 x / rok
Leštění a rovnání	4V2M	průměr tyče příměst	pr. 16 až 49 mm pr. 50 až 73 mm	2 x / rok
	BWRPM 80-7	průměr tyče příměst	pr. 16 až 20 mm pr. 21 až 50 mm	2 x / rok
Válcování KDT (VJfd)	trať	průměr drátu	pr. 5,5 až 10,0 mm pr. 10,5 až 15,0 mm pr. 15,5 až 20,0 mm	1 x / rok
Žihání	STC pece	tvrdost HB	tyče zn. oceli 100Cr6 v pr. 16 až 80 mm	1 x / rok
		pevnost Rm	svitky drátu zn. oceli 100Cr6 v pr. 5,5 až 20 mm	1 x / rok
Tažení	STAKU linka	průměr drátu	všechny průměry - 100Cr6	měsíčně

3.2.3 Postupové diagramy

Postupové diagramy se v TŽ, a.s. využívají k popisu každého z patnácti identifikovaných procesů. Každý proces je popsán v zastřešujícím procesním technicko-organizačním pokynu (*TOP*) a zároveň je graficky znázorněn postupovým diagramem, který je vždy obsahem přílohy č. 1 procesních *TOP*. Grafické znázornění zvýrazňuje veškeré výstupy a vstupy z procesu a do procesu včetně odpovědností za ně. Základním záměrem postupových diagramů je umožnit shrnutí obsáhlého slovního popisu postupů a operací do graficky jednoduché a jednoznačně přehledné formy.

K jednomu postupovému diagramu se může vztahovat celá kapitola, její příslušný článek nebo odstavec. Grafické znázornění dále zvýrazňuje vazby na jinou dokumentaci (vstupní a výstupní dokumenty).

Zásady sestavování postupových diagramů, které jsou součástí dokumentace TŽ, a.s., popisuje dokument *PPo TŽ-TJ-05/03 Zásady tvorby postupových diagramů*.

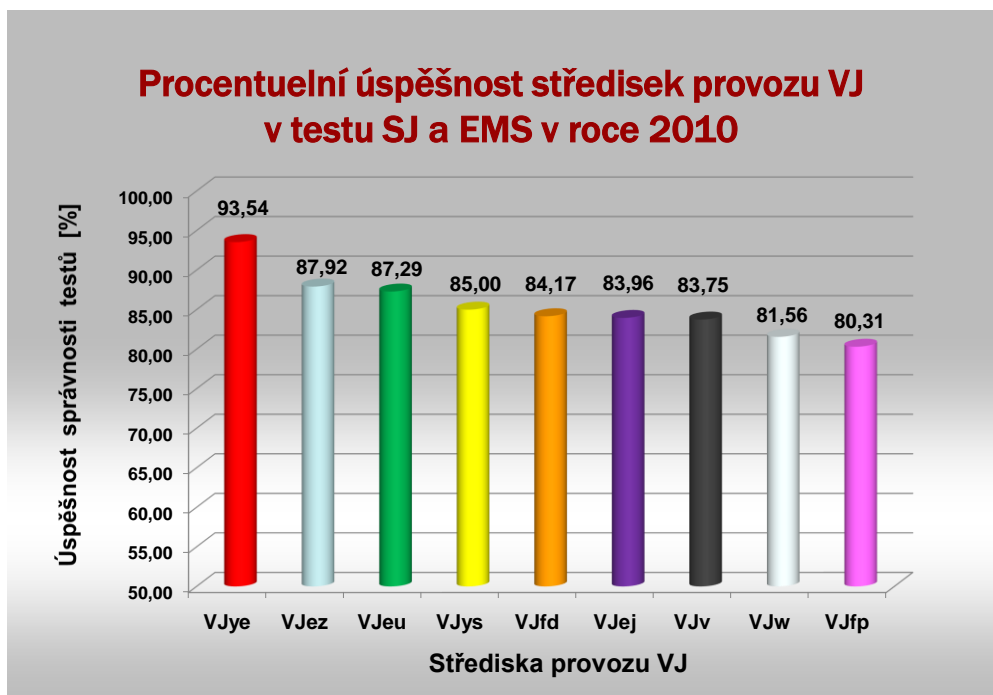
Postupové diagramy jsou v TŽ, a.s. využívány rovněž k popisu jednotlivých dílčích výrobních procesů z pohledu jejich technologické návaznosti a materiálových toků (postupové diagramy jednotlivých výrobních procesů jsou uvedeny v přílohách *TOP TŽ 09/01*). Postupový diagram procesu "Výroba drátu a jemných profilů - válcování na KJT" je znázorněn v *Příloze 1*.

Tento typ diagramu je rovněž využíván jako pomůcka pro školení nových zaměstnanců k pochopení vnitřních vazeb uvnitř podniku.

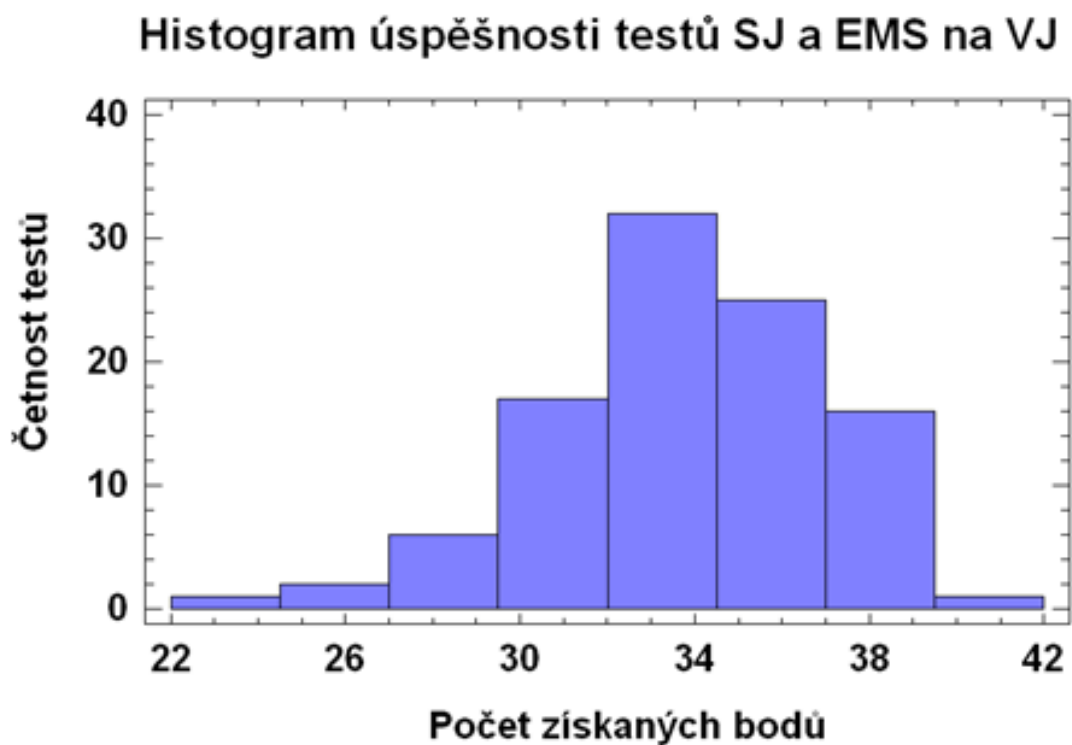
3.2.4 Histogramy

Histogramy se na VJ používají k přibližnému posouzení normality sledovaného znaku jakosti a odlehlosti hodnot v rámci metodiky hodnocení způsobilosti procesu. Normalitu dat, jednu z podmínek hodnocení způsobilosti procesu, usuzujeme ze zvonovitého tvaru histogramu, jenž je signálem, že na proces působí pouze náhodné vlivy a že je ve statisticky zvládnutém stavu.

Další možností využití histogramu, ne však klasického histogramu, jak jej známe z managementu jakosti, ale ve formě sloupcového grafu, je při každoročním vyhodnocování testů znalostí SJ a EMS pro zaměstnance ovlivňující kvalitu a environment na VJ v rámci měření efektivnosti výcviku. Výstupem vyhodnocení je sloupcový graf procentuální úspěšnosti jednotlivých středisek provozu VJ (viz obr. 11) a histogram úspěšnosti testů SJ a EMS na VJ (viz obr. 12). Klasický histogram se dále v podmínkách provozu VJ nevyužívá.



Obr. 11 Sloupcový graf vyhodnocující úspěšnost středisek provozu VJ
v testu SJ a EMS



Obr. 12 Histogram úspěšnosti testů SJ a EMS na VJ

4 Analýza využívání statistických metod v oblasti analýzy neshod

Čtvrtá kapitola se zabývá problematikou řízení neshodného výrobku, evidencí a vyhodnocováním interních neshod na VJ, způsobem řešení opatření k nápravě a statistickými nástroji, které se využívají v oblasti analýzy neshod.

4.1 Řízení neshodného výrobku

Problematickou neshodných výrobků se na celopodnikové úrovni zabývá dokument *TOP TŽ-13/01 Přezkoumání neshodného stavu výrobku*, který stanovuje členění výroby z hlediska jakosti a určuje postup, pravomoci a odpovědnosti pro přezkoumání neshodných výrobků, které byly zjištěny při provádění výstupní kontroly, v průběhu procesu a dále výrobků, které byly na základě společné dohody vráceny zpět odběratelem. Účelem přezkoumání je prošetření příčin vzniku vad, příprava opatření k zamezení opakovaného výskytu neshod a přijetí rozhodnutí o optimální úpravě a upotřebitelnosti neshodných výrobků.

Na *TOP TŽ-13/01* navazuje v rámci VJ dokument *PPo TŽ-VJ-13/01 Postup pro provádění souhrnné evidence zmetkovosti na provozu VJ*, který stanovuje způsob provádění souhrnné evidence zmetkovitosti u výrobků hutní výroby na VJ a popisuje formu identifikace, zachycení, označení a oddělení neshodných výrobků.

Za interní neshody jsou považovány neshody, které byly zjištěny v průběhu výrobního procesu nebo při provádění výstupní kontroly, externí neshody jsou pak neshody, které byly na základě společné dohody vráceny zpět odběratelem.

4.2 Evidence a vyhodnocování neshod na VJ

Souhrnná evidence neshod na provozu VJ je do značné míry počítačově podporována centrálním řídicím a informačním softwarem *DELFÍN*, vnitropodnikovým aplikačním softwarem *LOTUS NOTES* (LN) a systémem *WERKPORTÁL*.

4.2.1 Interní neshody

Pověření zaměstnanci provozu po zjištění neshody vypíše dle platného číselníku vad záznam o neshodné výrobě do softwaru *DELFÍN*, ze kterého se data průběžně aktualizují v systému *WERKPORTÁL*. Systém *WERKPORTÁL* je software určený k evidenci

a vyhodnocování neshod na provozech TŽ, a.s. a monitorování parametrů kvality. Nepracuje s údaji on-line, ale údaje načítá a zpracovává každý den vždy ve 2:00.

Každý z provozů TŽ, a.s. má pro potřeby monitorování neshodné výroby nastaveny určité *parametry kvality* (procenta z výroby), přičemž každý z parametrů kvality má stanoven určitý limit. *Parametr kvality* (v minulosti kritérium kvality) je parametr procesu pro kontinuální zlepšování stanovený v *Plánu zlepšování jakosti a EMS*. *Limit parametru kvality* vyjadřuje procentuální plnění *parametru kvality (LP)* nebo nejvyšší přípustnou hodnotu tohoto *parametru (LPmax.)*.

$$\text{Limit parametru kvality (LP)} = \frac{\text{Měsíční neshody [t]}}{\text{Měsíční výroba [t]}} \cdot 100 [\%]$$

Hodnota *LPmax.* se na základě požadavků provozů a výsledků z předchozího roku většinou každoročně mění, její tendence je se vzrůstajícím tlakem na co nejmenší podíl neshodných výrobků rok od roku klesající. Monitorování parametrů kvality je blíže popsáno v *PPo TŽ-TJ-20/01 Monitorování parametrů kvality*.

Pro rok 2010 je *limit parametru kvality* na VJ následující:

- Kontidráťová trať KDT: *LPmax.* = 0,65%
- Kontijemná trať KJT: *LPmax.* = 0,9%

Systém *WERKPORTÁL* automaticky vždy pátý den v měsíci v 9:00 provede uzávěrku dat, vypočte navedené parametry kvality a automaticky vygeneruje:

- tabulku měsíčních údajů výroby, neshod a procentuální zmetkovitosti v průběhu celého roku,
- časovou řadu vývoje *limitu parametru kvality* v průběhu celého roku,
- Paretův diagram zobrazující hmotnosti neshod tříděných dle jednotlivých druhů válcovenských vad,
- tabulku vstupních hodnot pro Paretův diagram,
- podrobný rozpis hmotností neshod podle druhu vady, tavby, hutní jakosti, rozměru, směny a data,
- sloupkový graf zobrazující hmotnosti neshod podle kritéria zvoleného uživatelem systému: druhu vady, směny, hutní jakosti, tavby.

V případě překročení maximálního limitu parametru kvality LP_{max} . je technickým ředitelem TŽ, a.s. automaticky ukládáno nařízení *opatření k nápravě* (bližší v kap. 4.3).

4.2.2 Externí neshody

Podobně jako v případě evidence interních neshod funguje i evidence v oblasti externích neshod, které byly na základě společné dohody vráceny zpět odběratelem, s tím rozdílem, že v této oblasti se za pomoci *WERKPORTÁLU* evidují pouze měsíční finanční výdaje, které bylo nutné vynaložit na vypořádání se s externími neshodami.

Každý jednotlivý provoz TŽ, a.s. má pro daný kalendářní rok nastaven maximální měsíční finanční limit $[Kč]$, který je možné vyčerpat na vypořádání se s externími neshodami. Za pomoci systému *WERKPORTÁL* se měsíčně monitoruje hodnota parametru LP_m , která představuje množství reklamací v % z hodnoty odbytu $[Kč]$, ve vztahu k maximálnímu limitu tohoto parametru ($LP_m \text{ max.}$). Počítačově vygenerovaným výstupem je graf časové řady.

$$\text{Parametr } LP_m = \frac{\text{Reklamáce měsíční } [Kč]}{\text{Tržby měsíční } [Kč]} \cdot 100 [\%]$$

Pro rok 2010 je maximální množství reklamací v % z hodnoty odbytu na VJ následující:

- Kontidráťová trať KDT: $LP_m \text{ max.} = 0,0180\%$
- Kontijemná trať KJT: $LP_m \text{ max.} = 0,0144\%$

4.3 Opatření k nápravě

Účelem systémového dokumentu *TOP TŽ-14/01 Opatření k nápravě*, jenž tuto problematikou popisuje, je stanovení [18]:

- odpovědností a pravomocí za opatření k nápravě (OKN) a za preventivní opatření (PO),
- základních pravidel pro uložení, řešení, zavedení a kontrolu účinnosti OKN a PO,
- pravidel týmové práce pro opatření na odstranění opakovaných vad metodou "8D".

Na základě požadavku navrhovatele OKN provede vedoucí řešitel OKN (referent jakosti VJ) podrobnou analýzu specifikované neshody, která se rozhodujícím způsobem podílí na překročení mezního limitu parametru kvality a poté, s ohledem na požadovaný cílový stav, zpracuje souhrn okamžitých opatření s termíny jejich zavedení k zamezení opakování neshody. Před naplánováním úkolů k zamezení opakování neshody musí být přezkoumána skutečná kořenová příčina neshody, která často není zřetelná a vyžaduje pečlivou analýzu. Výsledky spolu s návrhem nápravných opatření prezentuje referent jakosti VJ na *Poradě ke kvalitě*, která se uskutečňuje pravidelně vždy druhé úterý v měsíci.

Po schválení návrhu OKN technickým ředitelem TŽ, a.s., vedoucí řešitel OKN realizuje stanovená opatření nebo řídí jejich realizaci v řešitelském týmu. Po dokončení předem stanoveným způsobem provede ověření účinnosti OKN a v případě, že účinnost zavedeného opatření byla prokázána, zavádí se standardně do procesu a na následující *Poradě ke kvalitě* se prezentují dosažené výsledky.

Veškerá administrativní agenda spojená s OKN je elektronicky podporována vnitropodnikovým informačním systémem Lotus Notes.

4.3.1 Řešení opakovaných vad

Řešení zabránění opakování vady se provádí způsobem předepsaným zákazníkem, např. metodou "8D", OKN nebo jinou metodou (specifikovanou v kupní smlouvě, dohodou o kvalitě, zápisem z porady) zajišťující identifikaci a eliminaci kořenové příčiny.

Postup opatření k nápravě metodou "8D" (Global 8D Report - týmové řešení problému opakovaných vad osmikrokovým postupem) popisuje *TOP TŽ-13/03 Řešení externích reklamací válcovaného materiálu, ingotů a kontislitků*. Cílem opatření na odstranění opakovaných vad metodou "8D" je odhalení příčin neshod a na základě toho zamezení opakovatelnosti neshody. Tato metodika je využívána v případě externích reklamací na základě požadavků zákazníků napojených na řetězec v automobilovém průmyslu a je zapracována do evidenčního systému databáze LN, do které řešitel zaznamenává všechny skutečnosti spojené se zadáním až po ukončeném řešení.

Postup realizace metody "8D" pro zamezení výskytu opakovaných vad u dodávek pro automobilový průmysl dle této metodiky je následující:

Krok 1: Složení týmu

Vedoucí týmu (řešitel jmenovaný vedoucím OÚ) stanoví členy týmu.

Krok 2: Popis problému

Tým provede rozbor a podrobnější popis problému uvedeného ve specifikaci a stanoví další postup řešení.

Krok 3: Okamžitá dočasná opatření

Tým stanoví a dohodne se zákazníkem dočasná opatření k omezení škod. Toto opatření je v kompetenci vedoucího týmu.

Krok 4: Zjištění původních příčin

Tým provede analýzu možných příčin (pomocí Paretovy analýzy, diagramu příčin a následku, apod.). Zaznamená výsledek analýzy, stanoví způsob ověření a poté ověří, zda jde o skutečné příčiny.

Krok 5: Stanovení opatření k nápravě

Tým stanoví nutná opatření k odstranění příčin vad včetně požadavku na přepracování dokumentace stanovující kontrolní a prováděcí postupy a dále stanoví způsob ověření účinnosti těchto opatření.

Krok 6: Zavedení opatření k nápravě

Specifikace a zavedení OKN, způsobu ověření jeho účinnosti, zaměstnance odpovědného za zavedení a ověření účinnosti OKN.

Krok 7: Stanovení opatření k zamezení opětovného výskytu

Tým specifikuje další případná opatření s cílem zamezení rizika opětovného výskytu problému.

Krok 8: Ocenění výkonu a práce týmu

Navrhovatel zhodnotí práci týmu a dosažené výsledky, navrhne ocenění.

4.4 Statistické nástroje využívané v oblasti analýzy neshod

V oblasti analýzy interních a externích neshod se za počítačové podpory systému *WERKPORTÁL* využívají tyto nástroje:

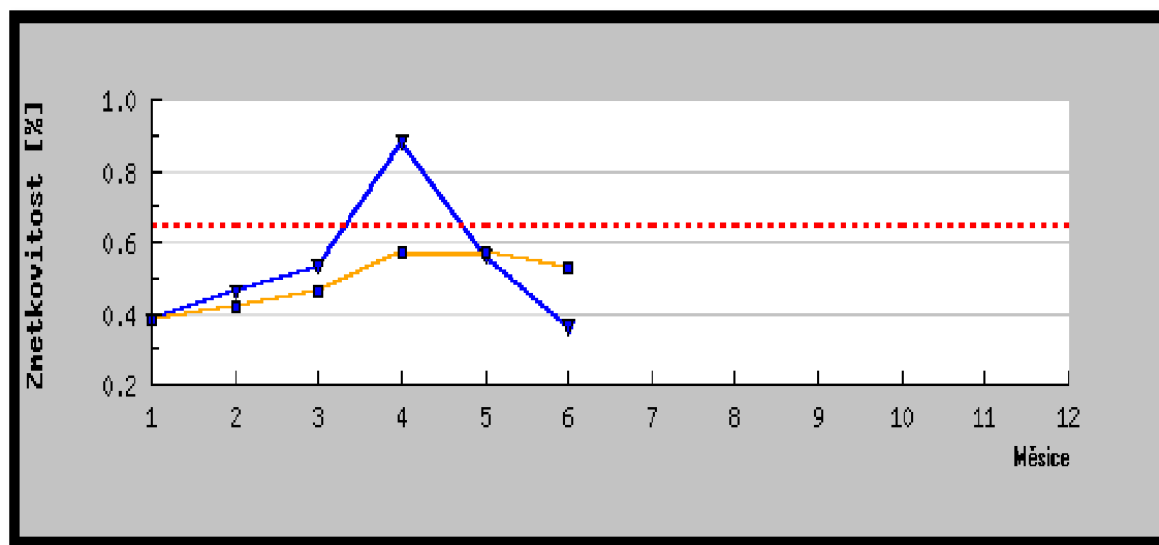
- časová řada (obr. 13, obr. 14),
- sloupcový graf (obr. 15),
- Paretův diagram (obr. 16).

Z obr. 16 je patrné, že *WERKPORTÁL* nedodržuje při sestavení Paretova diagramu všechny zásady jeho konstrukce a význam tohoto užitečného nástroje se tak ztrácí (více v kap. 5 *Doporučení a návrhy na zlepšení*).

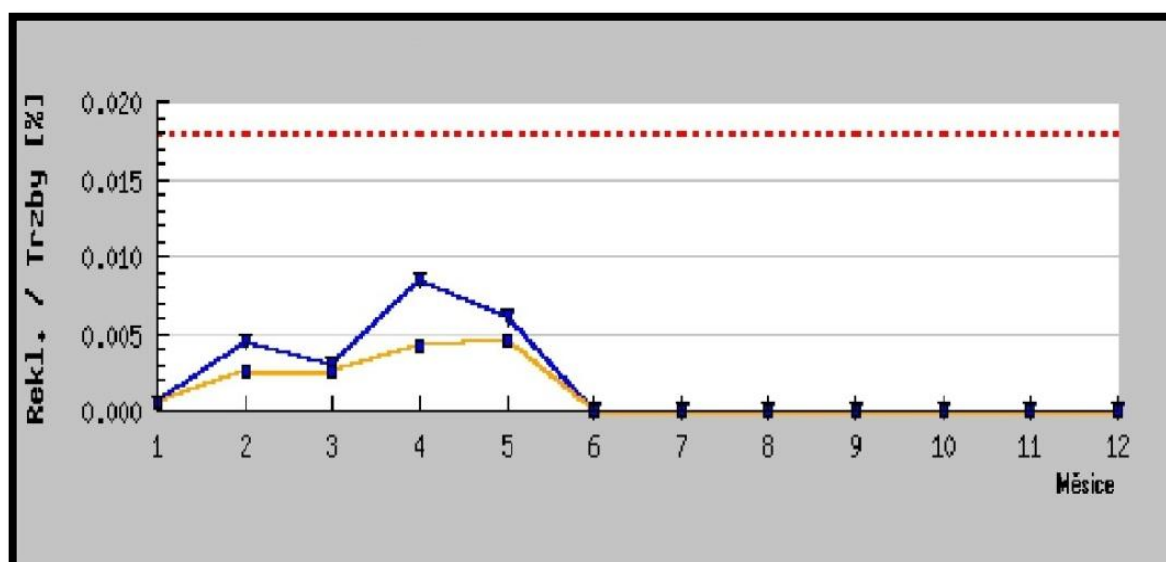
Diagram příčin a následku se spolu s Paretovou analýzou využívají v oblasti řešení externích neshod reklamovaných zákazníkem při vyhledávání kořenové příčiny problému v jednom z kroků opatření k nápravě metodou "8D". Statistické techniky využívané v oblasti analýzy neshod jsou pro přehlednost seřazeny v tabulce 3.

Tab. 3 Techniky využívané v oblasti analýzy neshod

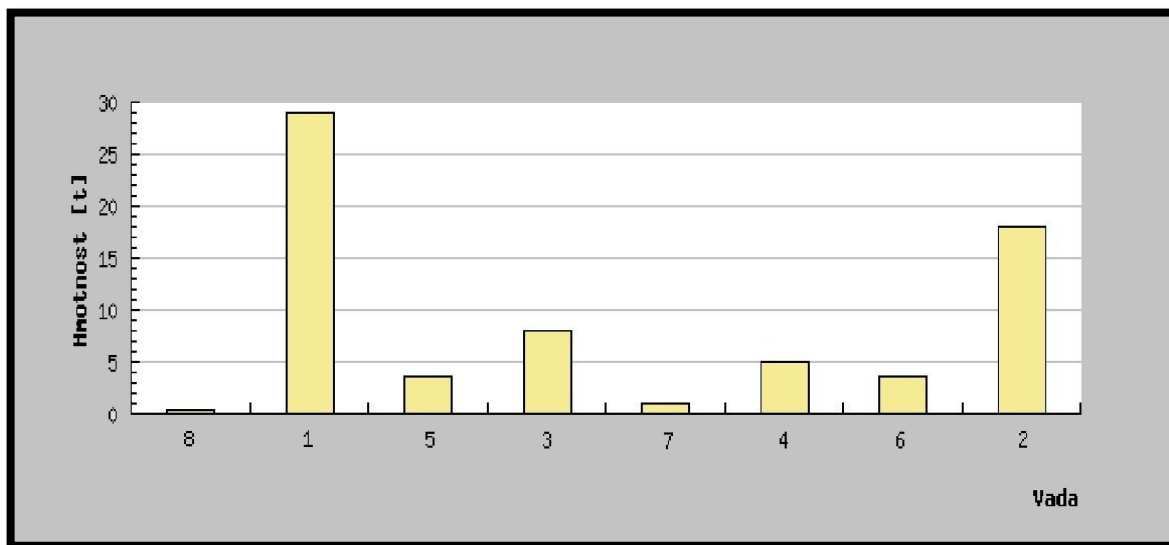
Nástroj/metoda	Interní neshody	Externí neshody
Časová řada	- zobrazení ročního vývoje hodnoty limitu parametru kvality (LP) za jednotlivé měsíce	- zobrazení ročního vývoje hodnoty parametru (LPm.) za jednotlivé měsíce
Sloupcový graf	- zobrazení hmotností neshod dle jednotlivých druhů vad	–
Paretův diagram (Paretova analýza)	- určení rozhodujících vad způsobujících vysoký podíl neshod	- v návaznosti na diagram příčin a následku k určení kořenové příčiny vzniku neshod v rámci metody "8D"
Diagram příčin a následku	–	- spolu s Paretovou analýzou při vyhledávání kořenové příčiny problému v jednom z kroků opatření k nápravě metodou "8D"
"8D" Report	–	- odhalování příčin neshod a na základě toho zamezení opakovatelnosti neshody



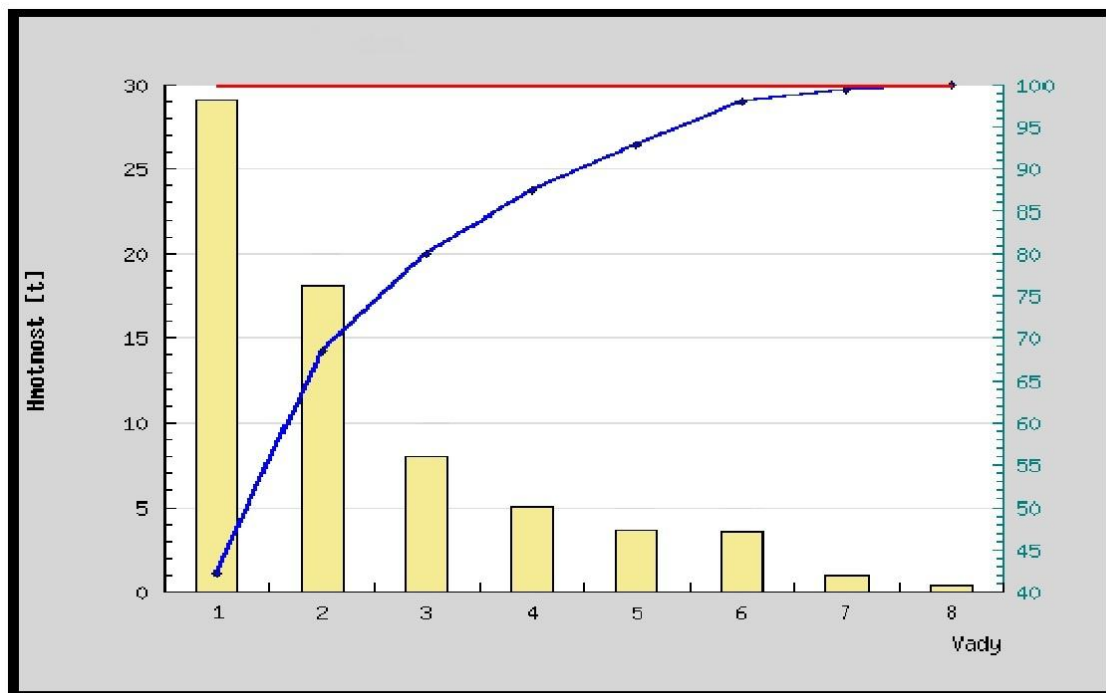
Obr. 13 Časová řada zobrazující překročení limitu parametru kvality LP_{max} .
u interních neshod ($LP_{max} = 0,65\%$)



Obr. 14 Časová řada zobrazující vývoj parametru LP_m . u externích neshod
($LP_{m.max} = 0,0180\%$)



Obr. 15 Sloupcový graf znázorňující hmotnosti interních neshod [t]
dle jednotlivých druhů vad



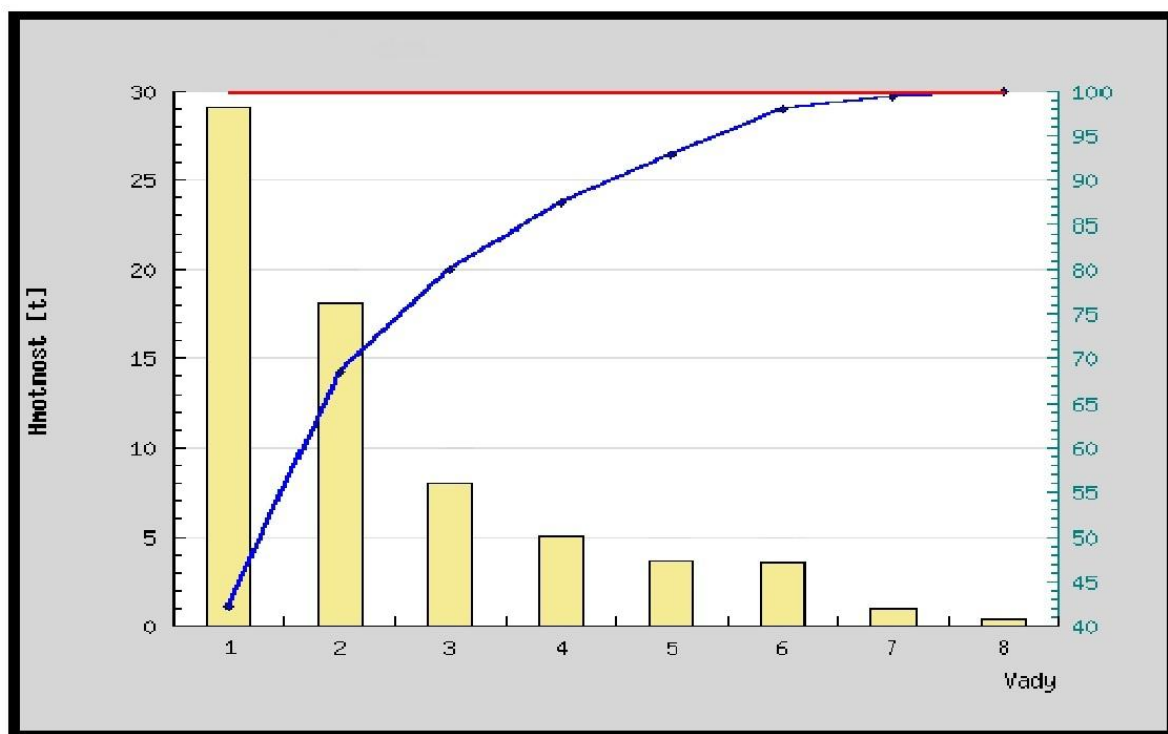
Obr. 16 Paretův diagram ze systému *WERKPORTÁL*

5 Doporučení a návrhy na zlepšení

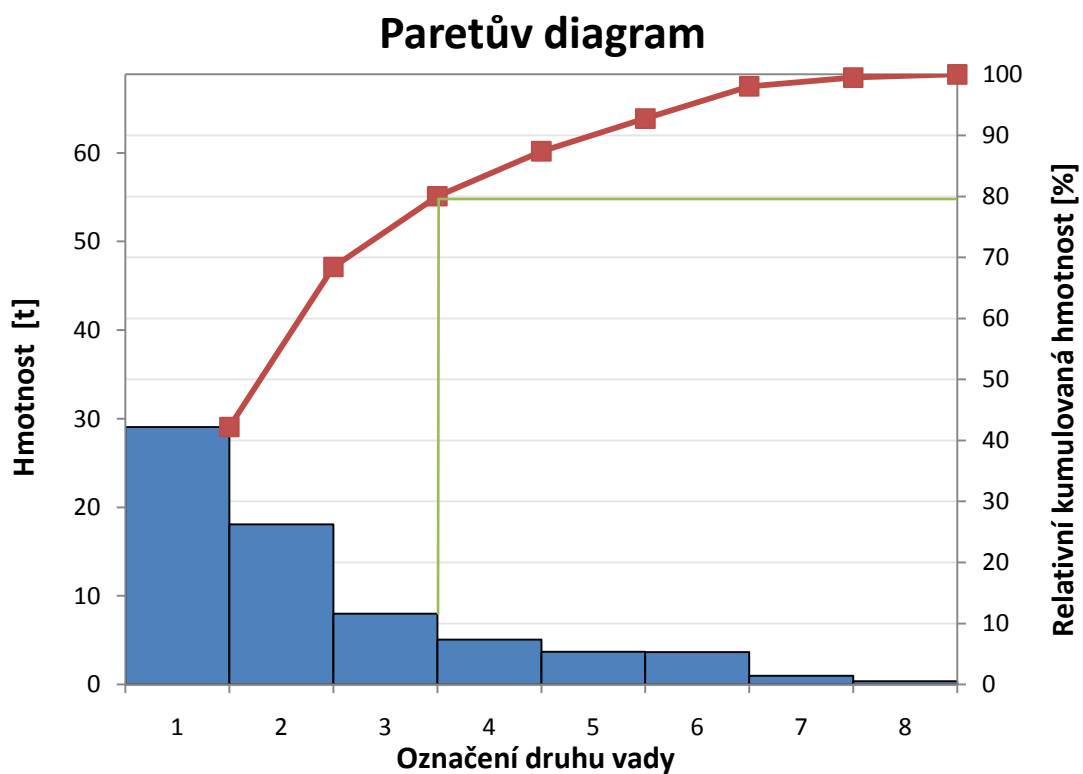
V této kapitole doporučuji návrhy, které by dle mého názoru mohly přispět ke zvýšení účinnosti jednotlivých nástrojů a k celkovému zdokonalení systému řízení statistických metod na provozu VJ.

1. První doporučení se vztahuje k dokumentaci popisující systém řízení statistických metod v TŽ, a.s - technicko-organizačnímu pokynu *TOP-TŽ 20/01 Statistické metody*. Výčet statistických metod, který jsem podle tohoto pokynu uvedl v kap. 3.1.3, není zdaleka v celém svém rozsahu aplikován jak na provozu VJ, tak i v TŽ, a.s. a MS, a.s. Popsaný výčet je pouze doporučující, využívány jsou ve skutečnosti pouze některé z těchto metod. Pro zlepšení orientace v oblasti statistických metod aplikovaných v TŽ, a.s. doporučuji *TOP-TŽ 20/01* zkonkretizovat, jasně vymezit metody pouze doporučované a metody v současnosti využívané a tyto alespoň stručně popsat.
2. Druhé doporučení se týká konstrukce Paretova diagramu jakožto grafického výstupu systému *WERKPORTÁL*. U Paretova diagramu, který je tento systém schopen vygenerovat (obr. 17), nejsou dodrženy zásady jeho konstrukce a tak má diagram dle mého úsudku jen minimální vypovídací schopnost. Při sestrojení nebyly dodrženy tyto zásady:
 - levá vertikální osa diagramu musí být označena stupnicí od nuly do hodnoty sumy četností všech faktorů,
 - tzv. Lorenzova křivka musí být spojnici pravého horního rohu prvního sloupce a maximální hodnoty relativní kumulované četnosti ležící na pravé vertikální ose,
 - stanovení životně důležité menšiny faktorů.

Správnou volbou kritéria pro stanovení životně důležité menšiny faktorů a samotným stanovením životně důležité menšiny faktorů by se odpovědní řešitelé mohli přednostně ihned zaměřit na rozhodující druhy vad způsobující vysoké procento neshod. S použitím stejných vstupních dat jako u Paretova diagramu na obr. 16 jsem pro porovnání sestrojil v programu *Microsoft Office Excel 2007* s dodržáním všech platných pravidel pro konstrukci nový Paretovův diagram (obr. 18) a konfrontoval jej s diagramem ze systému *WERKPORTÁL*. Použitím pravidla 80/20 jsem jasně a přehledně oddělil životně důležitou menšinu druhů vad, které se rozhodujícím způsobem podílejí na celkové hmotnosti neshod.



Obr. 17 Paretův diagram vygenerovaný systémem *WERKPORTÁL*



Obr. 18 Paretův diagram s uplatněním kritéria 80/20

3. Třetí doporučení se týká postupu provedení Paretovy analýzy využívané na VJ k identifikaci nejvýznamnějších vlivů působících na proces. Často totiž není v mnoha situacích jednoduché jasně specifikovat správná a účinná nápravná opatření. Je proto vhodné, aby se smluvená opatření nejprve pouze zkušebně zavedla do procesu. Doporučuji poté průběžně provádět sběr a záznam dat ke zjištění vlivu přijatých zkušebních opatření, data vyhodnotit pomocí nové Paretovy analýzy a výsledky porovnat s výsledky analýzy před přijetím provedených opatření. V případě, že porovnáním Paretových diagramů sestavených na základě údajů získaných před a po provedení opatření dojdeme k závěru, že došlo ke zlepšení, je možné přijatá opatření zavést standardně do procesu. V případě, že ke zlepšení nedošlo, bude nutné navrhnout jiná opatření a celý postup opakovat.

4. Čtvrté doporučení se týká kladení většího důrazu na využívání statistických metod a nástrojů managementu jakosti, s čímž souvisí i častější a důkladnější proškolení zaměstnanců v této oblasti. Nedůvěra ve statistické metody pramení právě z nevzdělanosti, neznalosti a zdánlivé obtížnosti mnohých metodik a nástrojů. Snahou vedení by proto mělo být vštěpování jejich značného významu v podobě usnadnění a zefektivnění práce, zlepšení fungování celého systému a odbourání pocitu zbytečnosti a ztráty času nad aplikací statistických metod a nástrojů managementu jakosti.

Přehled využívaných statistických nástrojů a nástrojů managementu jakosti

Jednotlivé využívané techniky jsem pro zpřehlednění seřadil do tabulky 4, do které jsem uvedl oblasti stávajícího využití jednotlivých nástrojů a oblasti, ve kterých by mohly být tyto nástroje ještě dále využity.

Tab. 4 Oblasti stávajícího využívání a návrhy dalšího možného využití statistických nástrojů

Nástroj/ metoda	Oblast stávajícího využití	Doporučení/oblast dalšího možného využití
Statistické testování	- ověřování normality dat v rámci hodnocení způsobilosti procesu	–
Krabicový graf, Q-Q graf	- analýza odlehklých hodnot v datových souborech v rámci hodnocení způsobilosti procesu	–
Bodový diagram	- nevyužívá se	- zkoumání vzájemné souvislosti mezi dvěma znaky jakosti výrobku

Tab. 4 Pokračování - Oblasti stávajícího využívání a návrhy dalšího možného využití statistických nástrojů

Nástroj/ metoda	Oblast stávajícího využití	Doporučení/oblast dalšího možného využití
Vývojový (postupový) diagram	- popis každého z patnácti identifikovaných procesů	- srovnání skutečného a ideálního průběhu procesu
	- popis jednotlivých dílčích výrobních procesů z pohledu technologické návaznosti a materiálových toků	
	- pomůcka pro školení nových zaměstnanců k pochopení vnitřních vazeb uvnitř podniku	- odhalování nedostatků v procesech a navrhování zlepšení
Histogram	- přibližné posuzování normality dat a odlehlosti hodnot	-v případě potřeby zobrazení rozdělení četnosti hodnot znaku jakosti
	- vyhodnocování testů v rámci měření efektivnosti výcviku	
Regulační diagram	- v rámci zabezpečování statistické zvládnutosti procesu při vyhodnocování způsobilosti procesů na VJ	- v rámci zabezpečování statistické zvládnutosti procesu při vyhodnocování způsobilosti systému měření (měřícího prostředku)
		- častější (doporučuji měsíčně) vyhodnocování způsobilosti procesů
Diagram příčin a následku	- nalezení a zobrazení příčin, které vedou nebo by mohly vést ke vzniku již existujícího následku (problému)	- definování potenciálních faktorů, které by mohly vést k žádoucím výsledkům
	- v rámci metody "8D" k nalezení a zobrazení příčin, které vedou nebo by mohly vést ke vzniku externích neshod	
Paretova analýza	- identifikace nejvýznamnějších vlivů působících na proces	- analýza časových a finančních ztrát spojených s vypořádáním neshodných výrobků
	- určení rozhodujících vad způsobujících vysoký podíl neshodných výrobků v oblasti analýzy interních neshod	- analýza příčin prostojů strojů
	- v návaznosti na diagram příčin a následku k určení kořenové příčiny vzniku neshodných výrobků v oblasti analýzy externích neshod ("8D")	- srovnání stavu před realizací a po realizaci opatření ke zlepšení

Závěr

Hlavním cílem bakalářské práce bylo zmapovat stávající postupy a míru využívání jednoduchých statistických nástrojů a nástrojů managementu jakosti na provozu Válcovny drátu a jemných profilů v Třineckých železárnách, a.s. se zaměřením na oblast analýzy neshod.

V návaznosti na teoretickou část, v níž jsem popsal jednoduché statistické nástroje, sedm základních nástrojů managementu jakosti a metodu hodnocení způsobilosti procesu, jsem přešel ke stručné charakteristice TŽ, a.s., popisu provozu VJ a systému řízení jakosti v podniku.

V praktické části bakalářské práce jsem nejprve nastínil systém řízení statistických metod v TŽ, a.s. Zjistil jsem, že z metod, které jsou popsány v systémovém dokumentu *TOP TŽ - 20/01 Statistické metody*, se ve skutečnosti v praxi využívají jen některé. Poté jsem analyzoval a popsal stávající míru a oblasti využívání statistických metod a nástrojů na provozu VJ. Ve větší míře se na VJ využívá Paretova analýza, postupový diagram, histogram a analýza hodnocení způsobilosti procesu.

V oblasti analýzy neshod se za pomoci počítačové podpory využívá především Paretův diagram, sloupcové grafy a časové řady. Z analýzy zjištění vyplynuly také některé nedostatky, na jejichž základě jsem navrhnul možná doporučení uvedená v kapitole 5. Za dobře propracovanou považuji oblast *opatření k nápravě* včetně řešení opakovaných vad metodou "8D", ve které je při vyhledávání kořenové příčiny problému často využíván diagram příčin a následku.

V závěru bych chtěl zdůraznit, že udržení trvale vysoké úrovně jakosti výrobků vyžaduje soustavnou analýzu a zlepšování procesů. Právě aplikace statistických metod a nástrojů managementu jakosti při řízení procesů v Třineckých železárnách, a.s. přispívá k jejich lepšímu monitorování, hlubšímu pochopení a zvládnutí jejich řízení a tím k lepšímu fungování celého systému.

Z globálního pohledu mohu konstatovat, že celková efektivnost systému řízení statistických metod a míra využívání jednoduchých statistických nástrojů je na provozu Válcovny drátu a jemných profilů na vysoké úrovni, existuje zde však prostor pro mnohá vylepšení.

Seznamy

Seznam použité literatury

- [1] BURR, W. Irving: *Statistical quality control methods*. New York: MARCEL DEKKER, Inc., 1976. ISBN 0-8247-6344-0.
- [2] NENADÁL, Jaroslav, et al.: *Moderní management jakosti*. Praha: Management Press, 2008. 377 s. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [3] PLURA, J.: *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*. Praha: Computer Press, 2001. 244 s. ISBN 80-7226-543-1.
- [4] MELOUN, M., MILITKÝ, J.: *Kompendium statistického zpracování dat*. Praha: Academia, 2002. 764 s. ISBN 80-200-1008-4.
- [5] HORÁLEK, Vratislav: *Jednoduché nástroje řízení jakosti I - Výstup z projektu podpory jakosti č. 5/16/2004* [online]. Praha: Národní informační středisko pro podporu jakosti, 2004. ISBN 80-02-01689-0. [cit. 2010-07-07] Dostupné z WWW:<http://www.businessinfo.cz/files/dokumenty/061019_nastroje-rizeni-jakosti-1.pdf>
- [6] MONTGOMERY, D.C., RUNGER, G.C.: *Applied Statistics and Probability for Engineers*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2003. Third Edition. ISBN 0-471-20454-4.
- [7] BRONISLAW, Ondraszek a kol.: *170 let Třineckých železáren: 1839 - 2009*. Vendryně: Nakladatelství Beskydy, 2009. První vydání. ISBN 978-80-904165-2-9.
- [8] *Webové stránky Třineckých železáren, a.s.* [online]. 2010 [cit. 2010-07-07]. Dostupné z WWW: <www.trz.cz>
- [9] *Výroční zpráva TŽ, a.s. pro rok 2008* [online]. 2009 [cit. 2010-07-07]. Dostupné z WWW:<[http://www.trz.cz/trz/prilohy.nsf/%28viewPublic%29/VZ/\\$File/tzvzc2008.pdf?OpenElement](http://www.trz.cz/trz/prilohy.nsf/%28viewPublic%29/VZ/$File/tzvzc2008.pdf?OpenElement)>

- [10] NOSKIEVIČOVÁ, D.: *Základní statistické metody managementu jakosti: Studijní opora* [online]. Ostrava: VŠB-TUO Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, 2008. [cit. 2010-07-07]. Dostupné z WWW: <<https://www.fimmi.vsb.cz/shared/uploadedfiles/fimmi/639-Noskievicova-Zakladni-statisticke-metody-MJ.pdf>>
- [11] KUPKA, K.: *Statistické řízení jakosti*. Pardubice: TriloByte, 1997. 191s. ISBN 80-238-1818-X
- [12] HENDL, J.: *Přehled statistických metod zpracování dat: analýza a metaanalýza dat*. Praha: Portál, s.r.o., 2006. 583s. ISBN 80-7367-123-9.
- [13] TOŠENOVSKÝ, J., NOSKIEVIČOVÁ, D.: *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. Ostrava: Montanex, 2002. 362 s. ISBN 80-7225-040-X.
- [14] BISSELL, D.: *Statistical methods for SPC and TQM*. London: Chapman&Hall, 1994. First Edition. ISBN 0-412-39440-5.
- [15] DOTY, A. Leonard: *Statistical process control*. New York: Industrial Press, Inc., 1996. Second Edition. ISBN 0-8311-3069-5.
- [16] Technicko-organizační pokyn: TOP TŽ - 02/01 *Systém kvality a EMS*. Třinecké železářny, a.s. 2010
- [17] Technicko-organizační pokyn: TOP TŽ - 20/01 *Statistické metody*. Třinecké železářny, a.s. 2010
- [18] Technicko-organizační pokyn: TOP TŽ - 14/01 *Opatření k nápravě*. Třinecké železářny, a.s. 2010
- [18] Proces schvalování dílů do sériové výroby (PPAP). 2006. Čtvrté vydání. 69s.
- [19] Pracovní postup: PPo TŽ - TJ 20/04 *Analýza způsobilosti a výkonnosti procesů a zařízení v TŽ*, a.s. Třinecké železářny, a.s. 2010

Seznam obrázků a tabulek

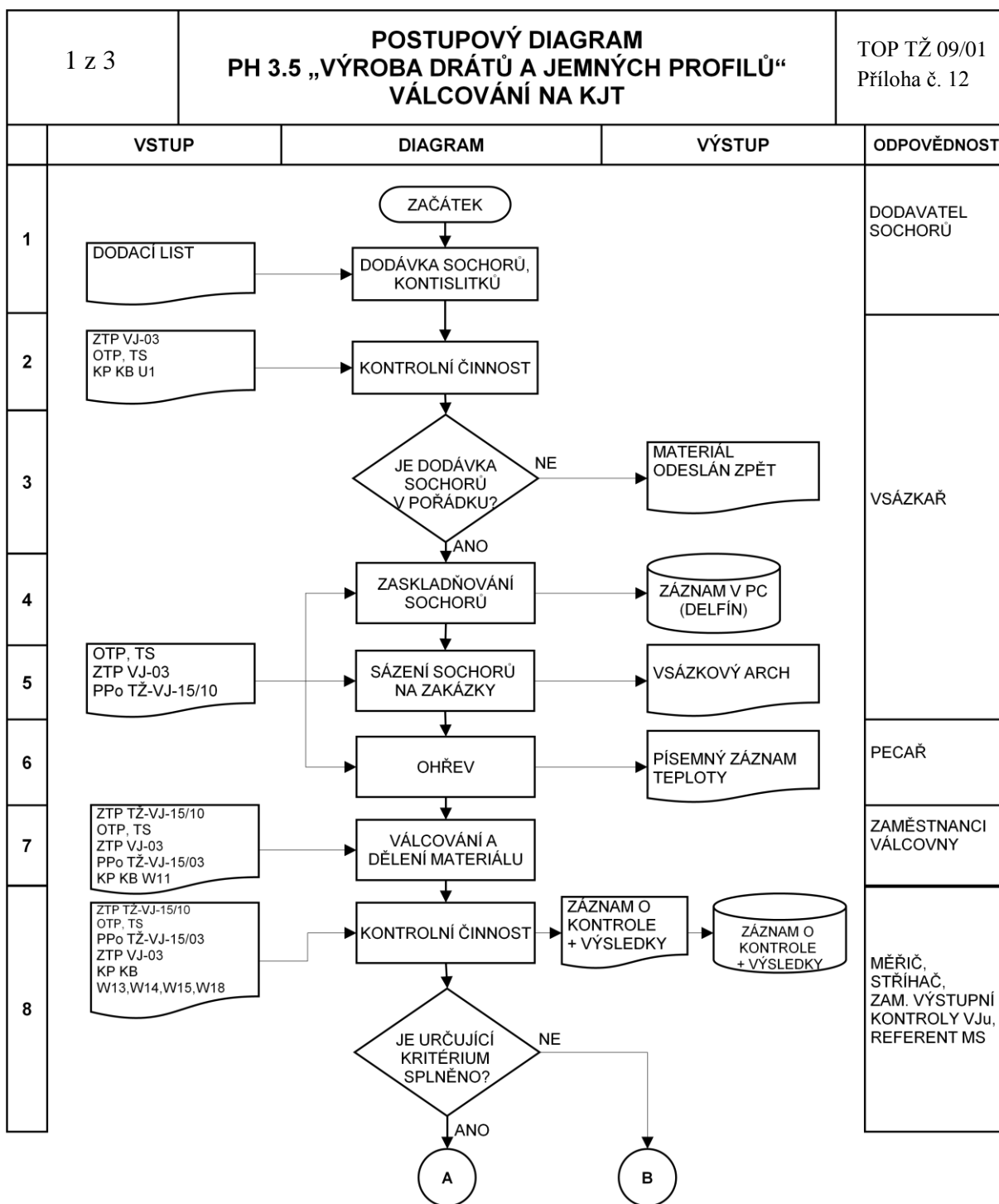
- Obrázek 1 - Statistické metody využívané v systémovém a procesním managementu
- Obrázek 2 - Struktura diagramu příčin a následku
- Obrázek 3 - Ukázka Paretova diagramu a identifikace životně důležité menšiny při použití pravidla 80/20
- Obrázek 4 - Ukázka histogramu
- Obrázek 5 - Ukázka bodového diagramu
- Obrázek 6 - Základní struktura regulačního diagramu
- Obrázek 7 - Charakteristiky potřebné pro stanovení indexu způsobilosti C_p
- Obrázek 8 - Charakteristiky potřebné pro stanovení indexu způsobilosti C_{pk}
- Obrázek 9 - Ishikawův diagram s následkem špatného rozměru taženého drátu
- Obrázek 10 - Paretův diagram s vyznačením životně důležité menšiny příčin uplatněním pravidla 70/30
- Obrázek 11 - Sloupcový graf vyhodnocující úspěšnost středisek provozu VJ v testu SJ a EMS
- Obrázek 12 - Histogram úspěšnosti testů SJ a EMS na VJ
- Obrázek 13 - Časová řada zobrazující překročení LP_{max} . u interních neshod
- Obrázek 14 - Časová řada zobrazující vývoj parametru LP_m . u externích neshod
- Obrázek 15 - Sloupcový graf hmotnosti interních neshod dle jednotlivých druhů vad
- Obrázek 16 - Paretův diagram ze systému *WERKPORTÁL*
- Obrázek 17 - Paretův diagram vygenerovaný systémem *WERKPORTÁL*
- Obrázek 18 - Paretův diagram s použitím kritéria 80/20
-
- Tabulka 1 - Tabulka bodového ohodnocení vybraných příčin
- Tabulka 2 - Parametry procesu pro stanovení způsobilosti procesů a zařízení na provozu VJ
- Tabulka 3 - Techniky využívající se v oblasti analýzy neshod
- Tabulka 4 - Oblasti stávajícího využívání a návrhy dalšího možného využití metod a nástrojů

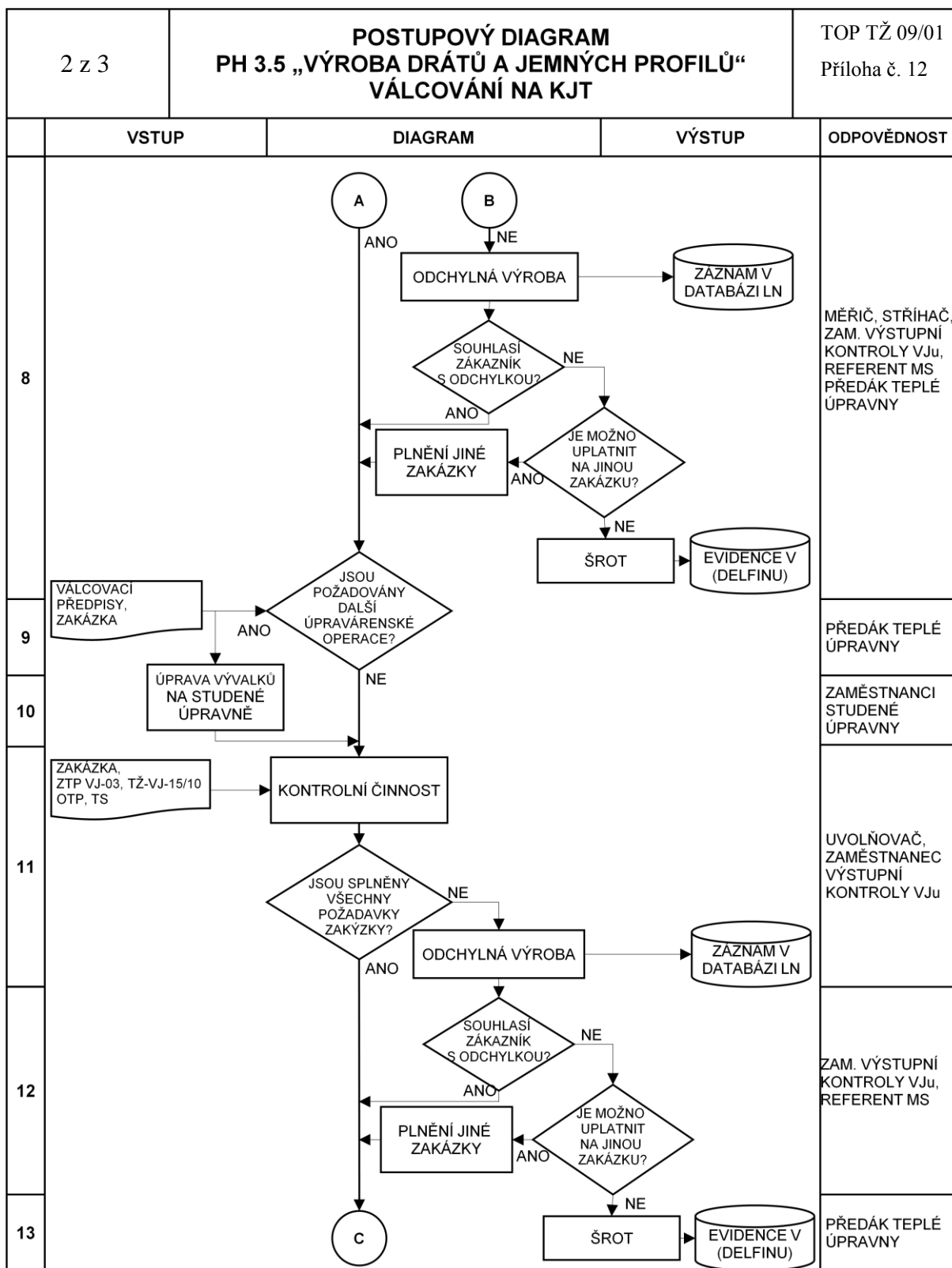
Přílohy

Seznam příloh

- Příloha 1 - Postupový diagram procesu "Výroba drátu a jemných profilů - válcování na KJT"
- Příloha 2 - Mapa procesů TŽ-MS
- Příloha 3 - Postupový diagram "Opatření k nápravě a prevenci"
- Příloha 4 - Schéma Kontijemné tratě VJ

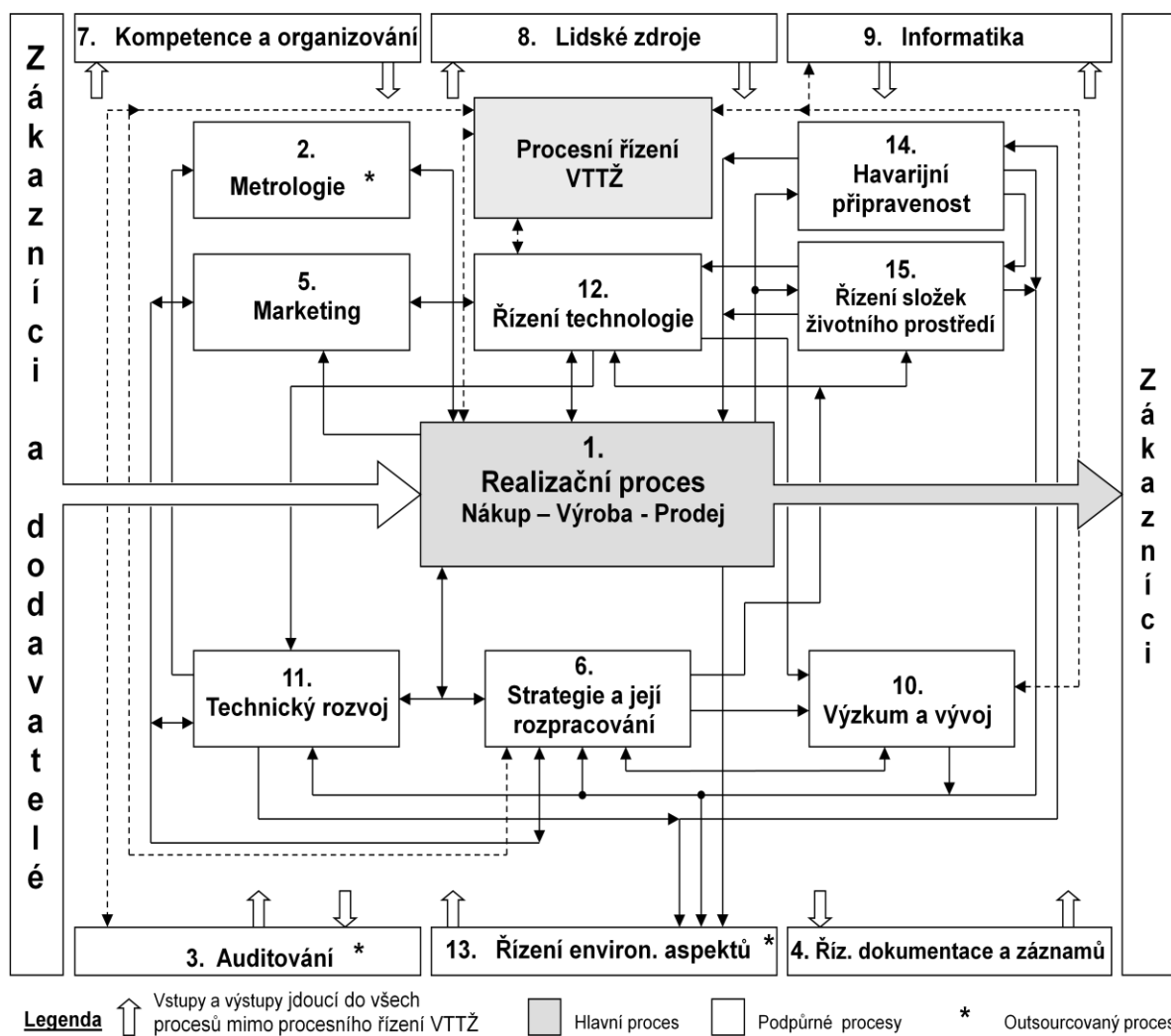
Příloha 1 Postupový diagram procesu "Výroba drátu a jemných profilů - válcování na KJT"





3 z 3	POSTUPOVÝ DIAGRAM PH 3.5 „VÝROBA DRÁTŮ A JEMNÝCH PROFILŮ“ VÁLCOVÁNÍ NA KJT			TOP TŽ 09/01 Příloha č. 12
	VSTUP	DIAGRAM	VÝSTUP	ODPOVĚDNOST
14	<pre> graph TD C((C)) --> U1[UVOLNĚNÍ MATERIÁLU] U1 --> Z[ZÁZNAMY O PROVEDENÝCH OPREACÍCH A ZKOUŠKÁCH] U1 --> U2[(UVOLNĚNÍ V PC (DELFIN))] U3[(UVOLNĚNÍ MATERIÁLU)] --> U4[PŘEDÁNÍ K EXPEDICI] U4 --> D[(DODACÍ LIST)] U4 --> E([EXPEDICE]) </pre>			PŘEDÁK TEPLÉ NEBO STUDENÉ ÚRAVNÝ
15				ZAMĚŠTNANCI VL

Příloha 2 Mapa procesů TŽ-MS



Příloha 3 Postupový diagram "Opatření k nápravě a prevenci"

